SCIENCE & VIE

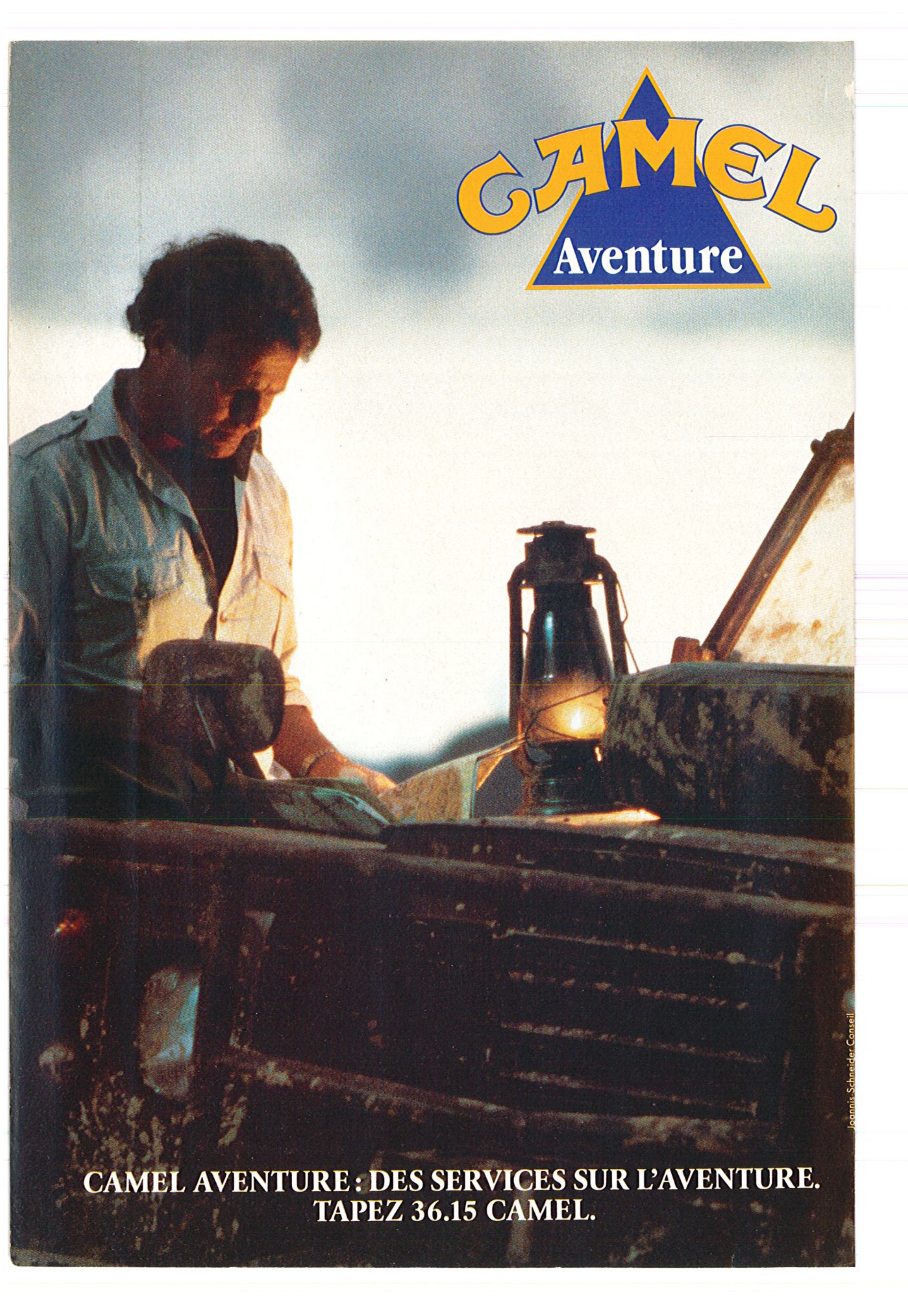
MENSUEL - N° 877
OCTOBRE 1990

LE SUPER-PORTE-AVIONS "CHARLES-DE-GAULLE"

- Le sol de Vénus pas à pas
- Il y a eu un autre Tchernobyl
- Sur la trace des OVNIS belges

M 2578 - 877 - 20,00 F

145 FB - 8 FS - $can 3.75 - 550 Ptas - 550 Esc - 23 Dh - 2.750 Dt - 4800 L - USA NYC $ 3.95 - RCI : 1370 CFA - 940 CFP


CAMEL
Aventure
Joannis Schneider Conseil
CAMEL AVENTURE : DES SERVICES SUR L'AVENTURE.
TAPEZ 36.15 CAMEL.



Publié par EXCELSIOR PUBLICATIONS S.A.
Capital social : 2 294 000 F - durée : 99 ans
5 rue de La Baume - 75415 Paris Cedex 08 - Tél. 40 74 48 48
FAX : (1) 42 89 42 27 - TELEX : 641 866 F
Adresse télégraphique : SIENVIE PARIS
Principaux associés : JACQUES DUPUY, YVELINE DUPUY, PAUL DUPUY

• **DIRECTION, ADMINISTRATION**
Président-directeur général : PAUL DUPUY
Directeur général : JEAN-PIERRE BEAUVALET
Directeur général adjoint : FRANÇOIS FAHYS
Directeur financier : JACQUES BEHAR
Directeur commercial publicité : STÉPHANE CORRE
Directeur marketing et commercial : FRANCIS JALUZOT
Directeur des études : ROGER GOLDBERGER

• **RÉDACTION**
Rédacteur en chef : PHILIPPE COUSIN
Rédacteur en chef adjoint : GERALD MESSADIÉ
Chef des informations,
rédacteur en chef adjoint : JEAN-RENÉ GERMAIN
Rédacteur en chef adjoint : GÉRARD MORICE
Assisté de MONIQUE VOGT
Secrétaire général de rédaction : ELIAS AWAD
Secrétaires de rédaction : DOMINIQUE LAURENT, FRANÇOISE SERGENT, MARIELLE VÉTEAU
Rédacteurs : MICHEL EBERHARDT, RENAUD DE LA TAILLE, ALEXANDRE DOROZYNSKI, PIERRE ROSSION, JACQUES MARSAULT, PIERRE COURBIER, CHRISTINE MERCIER, JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR, MARIE-LAURE MOINET, ROGER BELLONE, JEAN-MICHEL BADER, DIDIER DUBRANA
Secrétaire : MARIE-ANNE GUFFROY

• **ILLUSTRATION**
ANNE LÉVY
Photographe : MILTOS TOSCAS

• **DOCUMENTATION**
CATHERINE MONTARON

• **CONCEPTION GRAPHIQUE**
TOTEMA, ANTONIO BELLAVITA

• **MAQUETTE**
CHRISTINE VAN DAELE,
LIONEL CROOSON

• **RELATIONS EXTÉRIEURES**
MICHÈLE HILLING
Assistée de : MARIE-LAURE GRATREAU

• **SERVICES COMMERCIAUX**
Abonnements : PATRICK SARRADEIL
Vente au numéro : JEAN-CHARLES GUERAULT
Assisté de : MARIE CRIBIER
téléphone vert : 05 43 42 08 réservé aux dépositaires
Belgique : A.M.P. 1 rue de la Petite-Isle 10.70 Bruxelles

• **CORRESPONDANTS**
New York : SHEILA KRAFT, 300 Winston Drive, Cliffide PK NJ 07010 USA
Londres : LOUIS BLONCOURT, 16, Marlborough Crescent London W4, 1 HF
Tokyo : LIONEL DERSOT - Sun Height 205
2-14-1 Sakuragaoka
Setagaya-Ku - Tokyo 156

• **PUBLICITÉ**
EXCELSIOR PUBLICITÉ INTERDECO
27 rue de Berri - 75008 Paris - Tél. (1) 44 35 12 08
Directeur de la publicité : RICHARD TZIPINE-BERGER
Chef de publicité : FREDERIC PAPIN

• **À NOS LECTEURS**
Courrier et renseignements : MONIQUE VOGT

À NOS ABONNÉS

Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changements d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 2.20 F en timbres-poste français ou règlement à votre convenance. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec Science & Vie sauf opposition motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée au service des abonnements. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal.



LES MANUSCRITS NON INSÉRÉS NE SONT PAS RENDUS

PRIX NORMAL D'ABONNEMENT A SCIENCE & VIE

1 AN - 12 Numéros
220 F 2 ans : 400 F

1 AN - 12 Numéros + 4 Hors Série
295 F 2 ans : 520 F

ÉTRANGER :

BENELUX : 1 an simple 1595 FB - 1 an couplé 2135 FB
EXCELSIOR PUBLICATIONS - BP N° 20 IXELLES 6 1000 BRUXELLES

CANADA 1 an simple 43 $ Can. - 1 an couplé 60 $ can.
PERIODICA Inc. CP. 444, Outremont, P.Q. CANADA HVV 4 R6.

SUISSE 1 an simple 66 FS - 1 an couplé 87 FS
NAVILLE & CIE, 5-7, rue Levrier. 1211 GENÈVE 1.

USA 1 an couplé 70 $.
International Messengers Inc. P.O. Box 60326 Houston Texas 77205

AUTRE PAYS 1 an simple 271 F - 1 an couplé 341 F
Commande à adresser directement à SCIENCE & VIE.
Recommandé et par avion nous consulter.



Le climat tueur. Les variations climatiques du quaternaire ont fait plus de victimes que la civilisation, tout au moins jusqu'ici. P. 42

Les chiens de drogue. Mieux que les appareils les plus raffinés, ils peuvent détecter la drogue à travers les emballages les plus étanches. P. 62



SOMMAIRE

La photokina. En avant-première. PP. 132 et 136

Vénus pose pour Magellan. Mais l'une est une planète, l'autre une sonde américaine. P. 26



SAVOIR

POUVOIR

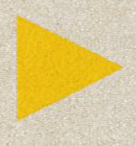
Encart Time-Life "l'Univers de l'étrange" et "les Mystères de l'inconnu"
6 pages en split run entre la 2e de couverture et la page 1

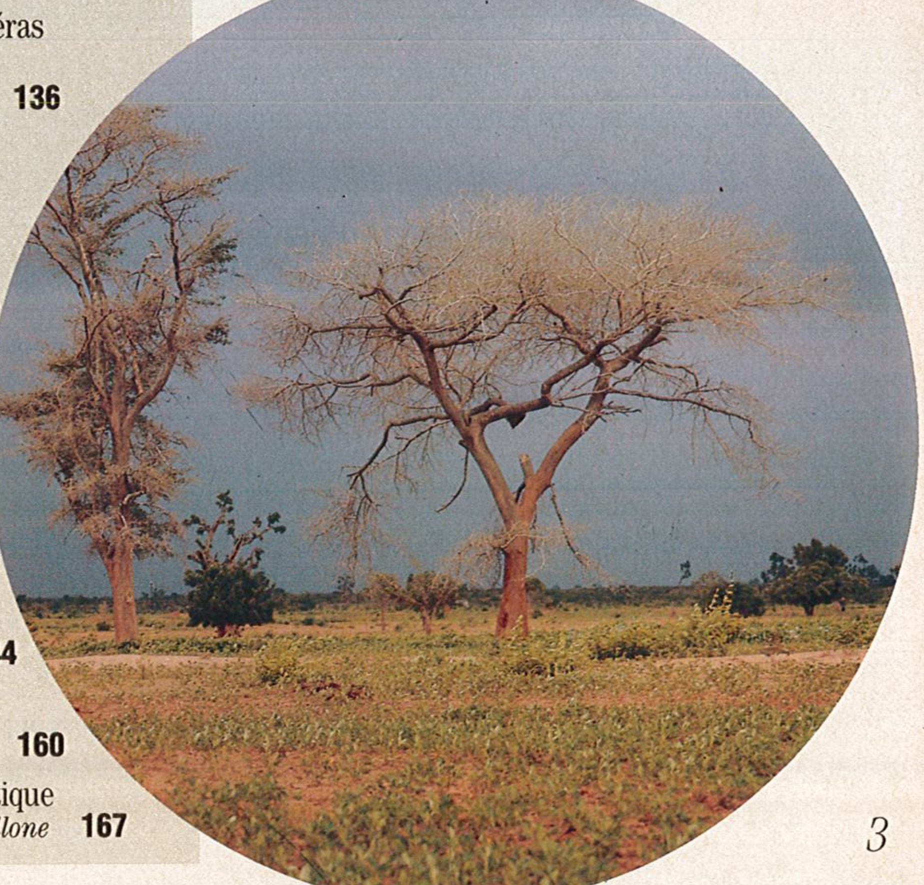
Encart *Science & Vie* + Hors série
2 pages entre les pages 84 et 85

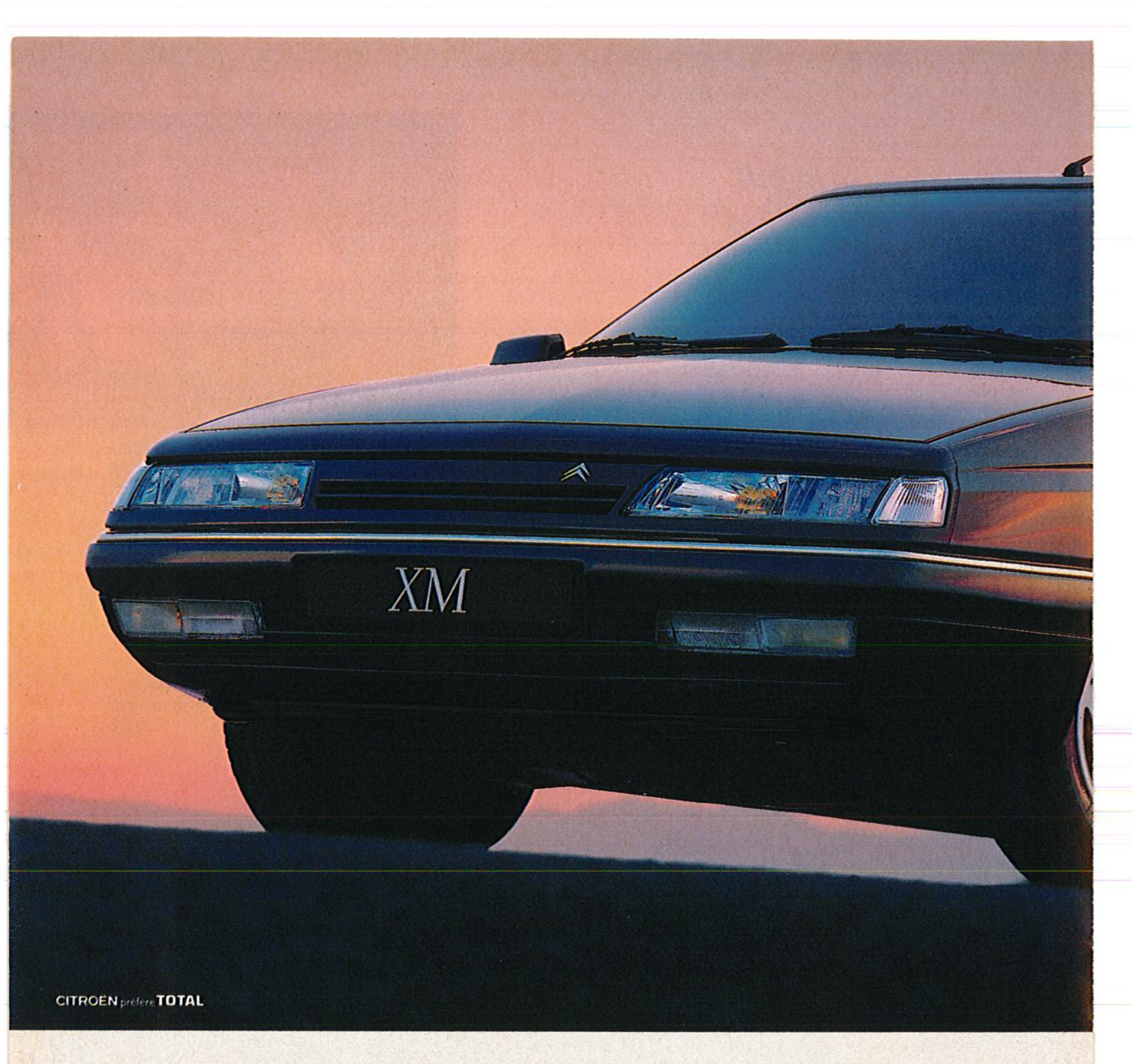
I R E



UTILISER







24 SOUPAPES SOUS HAUTE TENSION.

La Citroën XM est élue Voiture de l'Année en 1990. Beaucoup auraient considéré cette élection comme une consécration. Citroën a voulu aller encore plus loin, c'est pourquoi nous vous présentons la Citroën XM V6 24 Soupapes: moteur 6 cylindres en V à 24 Soupapes de 200 CV DIN (CEE 147 kW à 6000 tr/mn);* un nouvel intérieur de très grand luxe de cuir et de bois précieux où le confort et l'ergonomie ont encore été renforcés.

Avec la Citroën XM V6 24 soupapes, Citroën atteint la perfection dans la maîtrise de la route.

Relations clientèle 05.05.24.24 (appel gratuit) ou minitel 3615 Citroën.

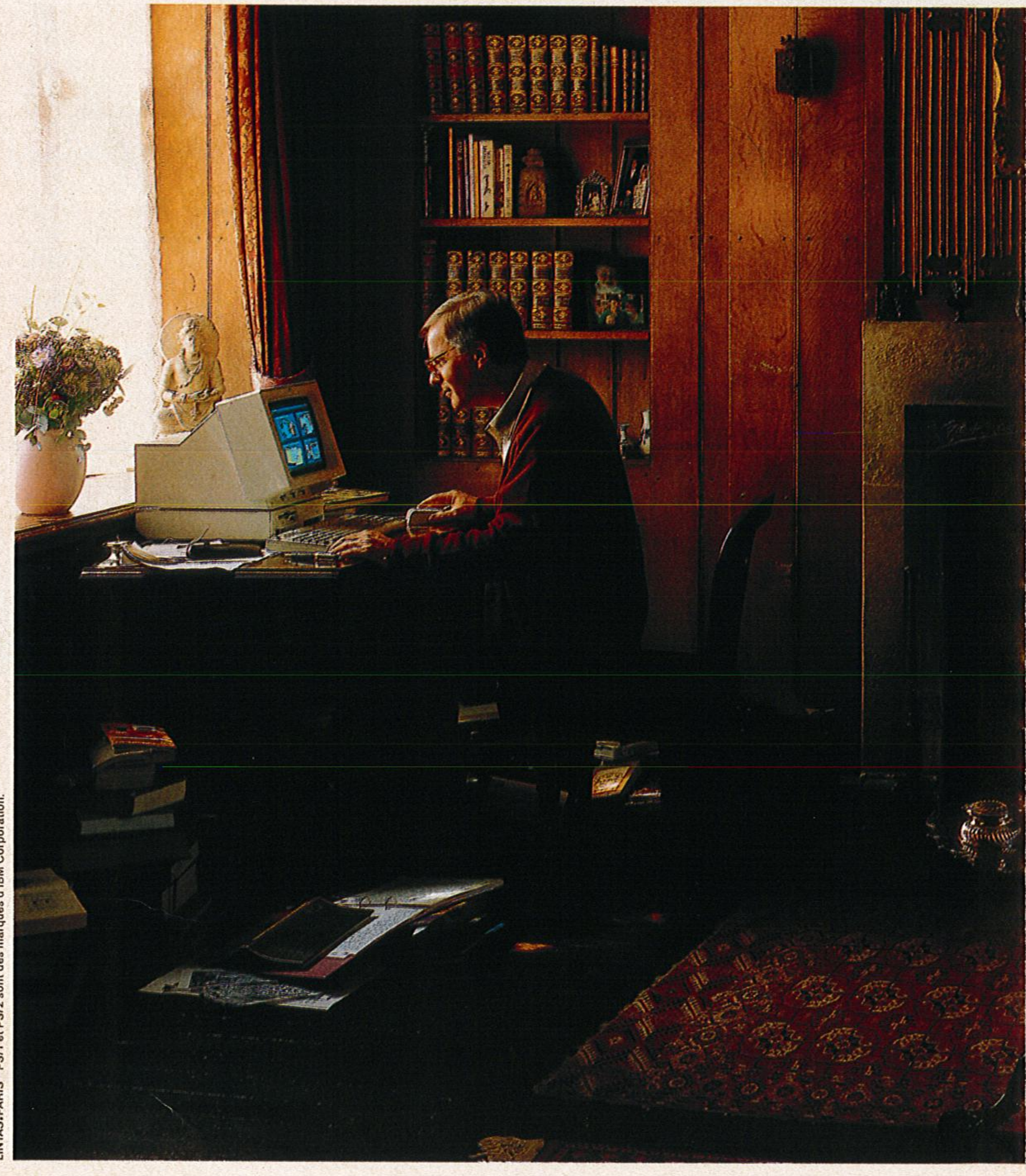
*Consommations: 8,2 l à 90 km/h, 10,2 l à 120 km/h, 15,9 l en cycle urbain.



CITROËN XM V6 24 SOUPAPES
LA ROUTE MAÎTRISÉE



PS/1. Cinq et c'est déjà un



minutes,
brillant élève.

IBM a pensé à vous. A vous et à tous les cours que vous devez préparer. A vous et au peu de temps dont vous disposez pour apprendre à vous servir d'un ordinateur.

Pour vous IBM a créé le micro PS/1, pour que tout vous soit plus facile. Cinq minutes, et vous êtes déjà un brillant élève. Parce que, dès la première seconde, le PS/1 vous guide pas à pas, avec des messages précis et des images claires.

Rien n'est plus simple que le "Prêt à emporter" : tout vous est fourni ensemble, y compris le logiciel, la souris et surtout le raccord Minitel. Mais cette simplicité n'empêche pas le PS/1 d'être professionnel, car il est compatible avec la gamme des micros IBM PC et PS/2.

Même son prix le rend très accessible. Alors, venez l'essayer chez l'un de nos Distributeurs Agréés IBM PS/1. Pour les connaître, appelez le Point réponse IBM : 05.03.03.03 ou consultez votre Minitel 3615 code IBMPS.

Le PS/1 d'IBM. Cinq minutes et vous êtes dans le coup.





FORUM

L'INED a-t-il menti ?

Gérard Callot, directeur de l'Institut national d'études démographiques, écrit que l'INED a été gravement mis en cause par notre article "Pourquoi l'INED a-t-il menti ?" (nº 874, juillet 1990) et demande un droit de réponse que nous publions ci-dessous.

Soulignons que nous ne sommes pas à l'origine de la controverse sur l'utilisation des indices de fécondité : elle émane d'un membre de l'INED. Nous n'avons pas mis en doute la réputation internationale des chercheurs de l'INED, qui ont réalisé des travaux originaux intéressants, dont nous avons fait état à maintes reprises. Mais l'INED, créé en 1945 avec l'objectif explicite de promouvoir la natalité, a également contribué à répandre une doctrine nataliste qui ne cesse de surprendre les démographes — tout aussi sérieux — d'autres pays. Ce point de vue peut brouiller les frontières entre le savoir et la conviction, et se prêter (involontairement, espère-t-on) au jeu d'une extrême-droite qui offre le spectre de la dénatalité en pâture au racisme. La natalité en France est une des plus élevées en Europe, et pourtant les Français ont été abreuvés d'une terminologie apocalyptique : "la France ridée", "le berceau vide de notre avenir", la "montée des vieillards", le "rejet de l'enfant", la "spirale de la dénatalité", "la peste blanche". Mentionnons un slogan particulièrement frappant : "On cloue plus de cercueils qu'on ne fait de berceaux", qui semble doublement contraire à l'esprit cartésien attribué aux Français, puisque non seulement la natalité excède la mortalité, mais que les berceaux sont recyclés d'un bébé à un autre, alors que les cercueils ne le sont pas.

Les chercheurs de l'INED ne sont pas les auteurs de telles inanités. Mais le parti pris nataliste a influé sur les opinions et les publications de certains d'entre eux. Hervé Le Bras a été sanctionné pour avoir émis un jugement contraire. Erreur scientifique ou délit d'opinion ?

Voici donc la réponse de M. Callot, ainsi que nos commentaires à son sujet. Nous publions également des graphiques qui ne donnent pas l'image d'une France au bord de l'abîme de la dénatalité.

Gérard Callot, directeur de l'Institut national d'études démographiques, nous écrit :

« D'entrée de jeu, permettez-moi de vous dire que votre journaliste n'a pas compris grand-chose en matière d'indices démographiques. Il écrit en effet : "L'indicateur conjoncturel de la fécondité correspond, pour une année donnée, à peu près (sic) au nombre de naissances divisé par le nombre de femmes de tous âges qui ont mis au monde ces enfants." Un court instant de réflexion aurait pu lui suggérer qu'avec une telle définition l'indicateur conjoncturel ne vaut ni 1,8 ni 2,1, mais environ 1,01, ne différant chaque année de 1 que par l'effet des accouchements multiples (jumeaux, triplés...) et des très rares femmes qui ont un enfant en début d'année et un autre à la fin de la même année ! La définition n'est pas "à peu près" bonne, elle est complètement erronée.

Science & Vie commente la lettre de Gérard Callot :

Cette phrase, prise dans la légende de l'illustration, est en effet tronquée. Il est précisé dans le texte de l'article que cet indice est obtenu à partir du nombre d'enfants nés de femmes de 15 à 49 ans pendant une année donnée.

(suite du texte page 10)


the smoothness - la douceur
the silk - la soie
the pleasure - la volupté
SILK CUT
to cut - couper
THE MILD CIGARETTE
GALLAHER LIMITED

» Un peu plus loin dans l'article, il est dit : "Si une génération de femmes, toutes nées la même année, ont durant leur vie le même nombre d'enfants, l'indice de descendance finale sera pour elles le même que l'indicateur conjoncturel de fécondité." Voilà qui a dû laisser perplexes certains de vos lecteurs, notamment ceux qui avaient compris qu'une descendance finale se rapportait à une génération féminine (les mères), tandis qu'un indicateur conjoncturel se rapporte à une année d'observation des naissances (les enfants).

L'indice conjoncturel serait égal à la descendance finale d'un groupe de femmes si les taux de fécondité par âge restaient inchangés pendant trente-cinq ans, ce qui, bien entendu, n'arrive jamais. Mais l'indice conjoncturel peut s'abaisser sans que diminue la descendance finale si les femmes retardent la naissance de leurs enfants.

C'est ce qui se produit depuis 1975. En omettant de corriger l'indice conjoncturel en fonction des variations du calendrier, on sous-estime la descendance finale, qui est tout de même le seul indice permettant d'apprécier le remplacement des générations.

» Le sommet est atteint lorsqu'on lit : "Certains soutiennent même que la population française est aujourd'hui en décroissance (...)." L'auteur de l'article peut-il citer un seul nom de démographe qui énoncerait pareille contre-vérité ? Evoquer, pour les dénigrer, les projections de Jean Bourgeois-Pichat, décédé en avril dernier, et d'Alfred Sauvy, gravement malade et dans l'incapacité de répliquer, est bien mal venu ! Ces deux hommes ont été des gloires scientifiques de la France. Alfred Sauvy ne vient-il pas de recevoir le prix des Nations unies pour la population décerné par un organisme dont le moins qu'on puisse dire est qu'il ne verse pas dans un natalisme exacerbé !

Nous ne parlons pas ici de démographes, mais du public non spécialisé (voir la phrase précédente : "Peu de lecteurs non spécialistes...", ainsi que la phrase qui suit : "Ce pessimisme démographique est-il transmis par les démographes..."). Tous les démographes savent que la population française continue de croître, mais certains n'aiment pas trop le dire.

Par ailleurs, nous ne dénigrons ni Jean Bourgeois-Pichat, décédé, dont nous avons présenté des travaux fort intéressants, ni Alfred Sauvy, que nous qualifions de "grand économiste et démographe français". Il s'agit plutôt de montrer que même des spécialistes de réputation internationale, baignant dans l'ambiance nataliste, ont contribué à répandre le "pessimisme démographique". Si on nous reproche de citer Bourgeois-Pichat et Sauvy, faut-il aussi éviter de citer — même pour les dénigrer — les travaux de Malthus, parce qu'il est décédé ?

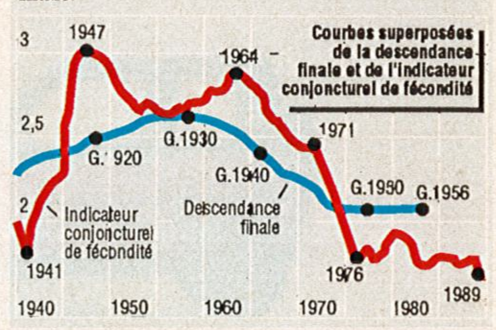
» A propos de l'indicateur conjoncturel (mais, au fait, qui a donné son nom à cet indice ?), votre journaliste aurait pu s'interroger sur ce que signifie indicateur et ce que signifie conjoncturel. Ensuite il aurait pu ajouter que cette grandeur, certes indicative, n'était pas totalement dépourvue de signification puisqu'elle ne conditionne rien de moins que le nombre absolu des naissances : celui-ci est en effet, pour une année donnée, le produit de l'indicateur conjoncturel de l'année elle-même par l'effectif moyen des générations féminines qui sont alors en âge de fécondité. Autrement dit, le nombre des naissances de 1990 est la combinaison multiplicative de deux ingrédients : d'une part, l'indicateur conjoncturel de 1990 qui synthétise les comportements de fécondité observés en 1990 aux différents âges et, d'autre part, l'héritage de la natalité des années 1955-1970 (les femmes nées dans cette périodes ont de 20 à 35 ans en 1990), corrigé par la mortalité et les migrations internationales intervenues depuis. Pour beaucoup d'usagers de la démographie (besoins en maternités, en crèches, en écoles,...), c'est évidemment une grandeur qui n'est pas dénuée d'intérêt ! Et lorsqu'on procède à une projection de population, ce n'est pas la descendance finale qu'il faut projeter, mais bel et bien l'indicateur conjoncturel.

(suite du texte page 12)

Cet indice s'appelle aussi somme des naissances réduites, ou encore indice synthétique de fécondité. Nous précisons bien dans notre article que "cet indice réflète la situation d'un moment, qui ne correspond pas nécessairement à l'évolution de la descendance finale". En ce qui concerne la définition du nombre de naissances de 1990 comme étant la combinaison multiplicative de deux ingrédients, il serait plus exact, pour retrouver l'âge de fécondité utilisé pour calculer l'indice conjoncturel, de dire "l'héritage de la natalité des années 1949-1975 (les femmes de cette période ont de 15 à 41 ans)", plutôt que "l'héritage de la natalité des années 1955-1970 (les femmes nées dans cette période ont de 20 à 35 ans)". Ce n'est qu'un détail ! Plus loin, M. Callot dit que lorsqu'on procède à une projection de population ce n'est pas la descendance finale qu'il faut projeter, mais bel et bien l'indicateur conjoncturel. Pourtant c'est la descendance finale, selon qu'elle se situe en deçà ou au-delà de 2,1 enfants par femme, quel que soit l'âge de fécondité maximale, qui détermine si la relève des générations est assurée ou non. Quant aux nombreux usagers de la démographie (maternité, crèches, etc.), il leur est surtout utile de connaître, tout simplement, le nombre des naissances.

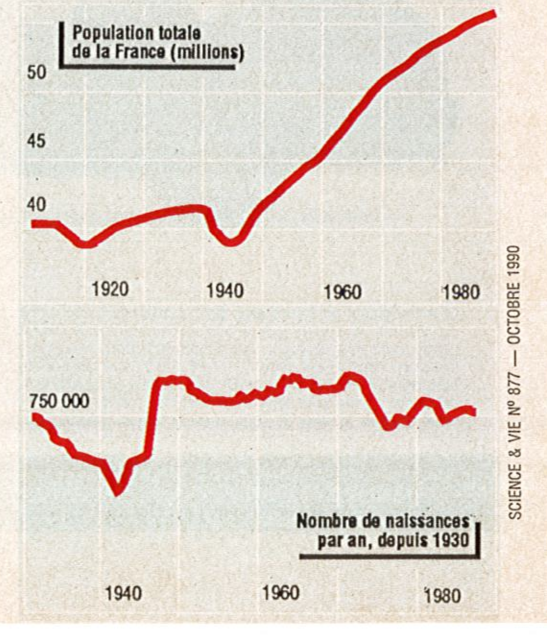
» La descendance finale, est-il dit, est "sans équivoque ni incertitude". Ce n'est peut-être pas complètement sûr : si on interroge des femmes de 50 ans sur le nombre d'enfants qu'elles ont mis au monde, on mesure la fécondité de l'ensemble de la génération à l'exception des femmes décédées avant cet âge et de celles qui ont émigré, mais y compris celles qui ont immigré — lesquelles peuvent avoir une fécondité différente... Passons sur ce détail. Mais qu'on ne dise pas que la descendance finale "reste stable, avec une oscillation modérée" (sic) tandis qu'on agiterait "la courbe déprimée de l'indicateur conjoncturel". Vu que la baisse de la première est environ la moitié de celle du second, est-on en droit de qualifier celle-là de "semi-dépressive".

Pourtant (***voir tableau ci-dessous***), la courbe de la descencance finale des générations est à peu près stable depuis 1974, une quinzaine d'années après avoir répercuté le *baby boom* d'après-guerre, alors que pendant la même période l'indice conjoncturel est passé par trois pics et trois creux. Tout le monde sait que les femmes aujourd'hui ont leur premier enfant plus tard que par le passé, ce qui décale donc vers le bas l'indicateur conjoncturel, sans nécessairement diminuer la descendance finale.



» Sur les différences entre les deux mesures, pourquoi ne pas remarquer que chaque année lorsqu'on reçoit les statistiques d'une année d'observation supplémentaire, l'indicateur conjoncturel est entièrement nouveau : il aurait pu différer notablement de celui de l'année précédente, comme le nombre absolu des naissances aurait pu s'écarter substantiellement de celui de l'année précédente. En revanche, l'affinage des estimations de descendance finale, correspondant à la quinzaine de générations qu'on est conduit à réviser sur la base de la nouvelle moisson de données, est toujours mineur. La conséquence de cette remarque est importante : lorsqu'on fait un point complet de la situation démographique, on présente dans leur détail à la fois les indicateurs longitudinaux et les indicateurs transversaux. Tandis que si on fait une simple mise à jour de routine, on accorde naturellement une place plus grande à ce qui est vraiment nouveau et était le plus susceptible de varier qu'à ce qui conduit seulement à des corrections de faible amplitude. Ceci était aussi vrai lorsque l'indicateur excédait la descente finale (avant 1974) que depuis qu'il est devenu inférieur.

Nous avons bien précisé que l'indicateur conjoncturel pouvait être établi dès la fin d'une année, et il est évident qu'il est nouveau chaque année... Nous sommes heureux de lire sous la plume de M. Callot que « *lorsqu'on fait le point complet de la situation démographique, on présente dans leur détail à la fois les indicateurs longitudinaux et les indicateurs transversaux* ». Pourquoi donc, dans le XVIIIe rapport de 66 pages sur la situation démographique de la France (1989) préparé par l'INED et présenté au Parlement, évoque-t-on à plusieurs reprises l'indicateur conjoncturel, mais pas une seule fois la descendance finale ? Pourquoi les trois autres courbes présentées ci-dessous (croissance de la population française, nombre de naissances, évolution de la fécondité générale) ne sont-elles pas présentées ?



(suite du texte page 16)

NOUVELLE OPEL CORSA

Don't Worry drive happy!*

CORSA

*Ne vous en faites pas, conduisez sympa !

McCANN

Nouvelle ligne, nouvel intérieur, nouveau confort, nouveau tableau de bord et, surtout, nouveau plaisir de conduire, la nouvelle Opel Corsa modèle 91 est à découvrir tout de suite en 3, 4 et 5 portes et en versions essence, Diesel et turbo Diesel ! Venez vite vous faire une idée neuve chez votre concessionnaire Opel ! 36.14 OPEL



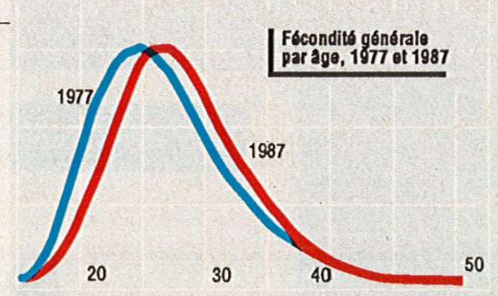
OPEL. FAITES-VOUS UNE IDÉE NEUVE




SIGNAL D'APPEL • POUR VOUS RENDRE LA VIE PLUS


RENSEIGNEZ-VOUS DANS NOS 600 AGENCES.
Signal d'Appel.
Pour être prévenu que l'on vous appelle en cours de communication.
Aujourd'hui votre ligne peut vous offrir davantage de services. La plupart des centraux électroniques vous ouvrent l'accès aux Services Confort de FRANCE TELECOM. L'un de ces Nouveaux Services : Le Signal d'Appel.
Lorsque vous êtes déjà en communication, un signal sonore vous prévient qu'un autre correspondant désire vous joindre. Vous mettez en attente votre premier interlocuteur pour dialoguer avec le second. Il vous est alors possible de parler alternativement avec vos deux correspondants.
Le Signal d'Appel, pour être prévenu que l'on vous appelle en cours de communication.
Signal d'Appel, Conversation à Trois, Transfert d'Appel et Mémo Appel sont les Services Confort de FRANCE TELECOM : pour mieux communiquer.
Pour vous abonner à ce service et pour vous renseigner sur l'un de nos Services Confort, n'hésitez pas, adressez-vous à l'une de nos 600 Agences.
FACILE •
FRANCE TELECOM
UN AVENIR D'AVANCE

» *Un point qui est suggéré, mais non explicité aurait pu retenir votre attention. A chaque moment, le dernier indicateur conjoncturel dont on dispose est celui de l'année précédente ; la dernière descendance finale qu'on peut évaluer sans risque excessif d'erreur est celle qui a 35 ans : en moyenne, cette descendance a été réalisée huit à neuf ans plus tôt (âge moyen à la maternité de 26 à 27 ans). De plus, aux jeunes âges de fécondité (20-25 ans), la dernière descendance finale estimée prend en compte des comportements qui prévalaient à ces âges dix à quinze ans plus tôt. La dernière descendance estimée est donc doublement "défraîchie" : elle se rapporte en moyenne à une époque ancienne de près de dix ans et elle associe la fécondité vers 20-25 ans telle qu'on l'observait dix à quinze ans plus tôt à la fécondité après 35 ans de la période à venir ! Quand on a insisté sur le fait que la fécondité est aujourd'hui nettement plus tardive que naguère, on devrait en tirer quelque indication sur les chances du maintien relativement durable de la descendance finale au niveau de 2,1 enfants par femme. En réalité, le retard très important pris par les jeunes générations d'aujourd'hui au début de leur vie féconde laisse craindre que leur descendance finale soit nettement inférieure à cette valeur. Ce n'est pas une certitude mais c'est très plausible. Il faudrait, pour qu'il n'en aille pas ainsi, que la fécondité tardive augmente considérablement par rapport à ce qu'elle est aujourd'hui — alors même qu'elle vient déjà d'augmenter notablement depuis quinze ans.*



En dix ans, le calendrier des naissances a changé, c'est ce que reflètent cette courbe et la dernière de la page précédente. Le nombre de naissances a peu varié, mais les naissances sont plus tardives.

Ce point a pourtant bien retenu notre attention, et nous avons précisé, au sujet de la descendance finale, "que l'inconvénient, c'est qu'il faut attendre la fin de l'âge reproductif d'une génération de femmes pour la chiffrer. La phrase selon laquelle « *le retard très important pris par les jeunes générations d'aujourd'hui au début de leur vie féconde laisse craindre que leur descencance finale soit nettement inférieure à cette valeur* » ne reflète-telle pas le parti pris nataliste ? "Pourrait laisser penser" ne serait-il pas plus objectif que "craindre" ? On imagine mal Lord Rutherford ou autre scientifique écrire, sinon pour plaisanter, que "les expériences laissent craindre que l'électron soit en orbite autour du noyau atomique". On pouvait aussi "craindre" que les Suédois, chez qui l'indice synthétique a oscillé entre 1,6 et 1,7 enfant par femme pendant dix ans, de 1976 à 1985, soient définitivement engagés dans la "spirale mortelle" de la dénatalité. Or, voici que cet indicateur remonte à 2,02. N'est-ce pas là une démonstration de l'effet du report des naissances sur l'indicateur conjonctu-rel ?

» *J'en viens maintenant au titre de votre article : "Pourquoi (pour qui) l'INED a-t-il menti ?" Vous avez tellement acquis la certitude que l'INED a menti que vous vous gardez bien d'apporter la moindre preuve de ces mensonges. Pourtant, il n'aurait pas été déplacé que la rédaction en chef de* Science & Vie *s'informât davantage... et par exemple qu'elle prît connaissance de l'avis formulé par le Conseil scientifique de l'INED — composé en majorité de personnalités extérieures à l'institut — en date du 21 juin 1990 :*

"La rigueur et la crédibilité scientifiques des travaux de l'INED ayant été mises en cause dans certains médias, le Conseil scientifique de l'institut formule l'avis suivant :

1) L'INED, établissement public à caractère scientifique et technologique, a toujours diffusé régulièrement et commenté objectivement dans l'ensemble de ses publications les divers indicateurs permettant de suivre l'évolution de la fécondité en France.

2) Il n'existe aucun indice permettant de synthétiser à lui seul les comportements de fécondi-

Nous ne sommes pas surpris de l'avis favorable émis par le conseil scientifique de l'INED sur l'INED. Nous comprenons, comme il est dit en **2**, qu'il n'existe aucun indice permettant de synthétiser à lui seul les comportements de fécondité, affirmation qui n'explique pas pourquoi l'indice "conjoncturel", pessimiste, tient l'affiche. Nous comprenons également (**3**) que le processus de vieillissement de la population de la France ne s'en poursuivra pas moins... C'est un processus inéluctable pour tout pays développé, sans exception. Il est le résultat de deux facteurs : l'augmentation de l'espérance de vie et la diminution de la fécondité. Pour éviter l'augmentation relative de

(suite du texte page 18)


Si vous pensez
que le monde
ne change pas,
regardez
votre enfant.
Petit
Larousse
illustré
1991
EDITION 91
SYNERGIE
Tous les jours, le monde change. Le Petit Larousse, c'est tous les ans.
PETIT LAROUSSE,
TOUJOURS A JOUR.

té, ou les perspectives d'évolution à court, moyen et long terme d'une population. Chaque indicateur apporte une information spécifique, et il ne saurait être question d'effectuer un "choix" entre les divers indices disponibles.

3) Il n'est pas acquis que la fécondité des générations successives se stabilisera durablement au voisinage de 2,1 enfants par femme. Même s'il en était ainsi, le processus de vieillisement de la population de la France ne s'en poursuivra pas moins : les projections les plus récentes (voir le XVIIe Rapport de l'INED au Parlement) montrent en effet qu'avec ce niveau de fécondité la part des personnes de 60 ans ou plus dans la population passerait de 18 % (en 1985) à plus de 26 % en 2040.

4) Le Conseil scientifique déplore que ce qui aurait pu n'être qu'une controverse technique ait dégénéré, parce qu'ont été utilisés des arguments non scientifiques, alors que rien n'empêchait leur auteur d'ouvrir un débat par les voies normales de la production scientifique."

Vous auriez pu, me semble-t-il, vous interroger sur la possibilité de la part d'une institution qui, au surplus, ne produit pas elle-même l'information de base correspondante (c'est la responsabilité de l'INSEE), de mentir sur des données aussi publiques. La cinquantaine de chercheurs réunis à l'INED, d'opinion et de sensibilité variées, aurait-elle pu participer à un mensonge collectif, pendant tant d'années ?

Au total, la lecture de votre article me suggère la même exclamation que celle dont usent les Anglo-Saxons devant une situation navrante : "C'est la vie !"

Assurément, ce n'est pas de la Science ! »

Gérard Calot, directeur de l'INED, président de l'Association européenne pour l'étude de la population, ancien membre du conseil de l'Union internationale pour l'étude scientifique de la population, ancien président des Sociétés de statistique de Paris et de France.

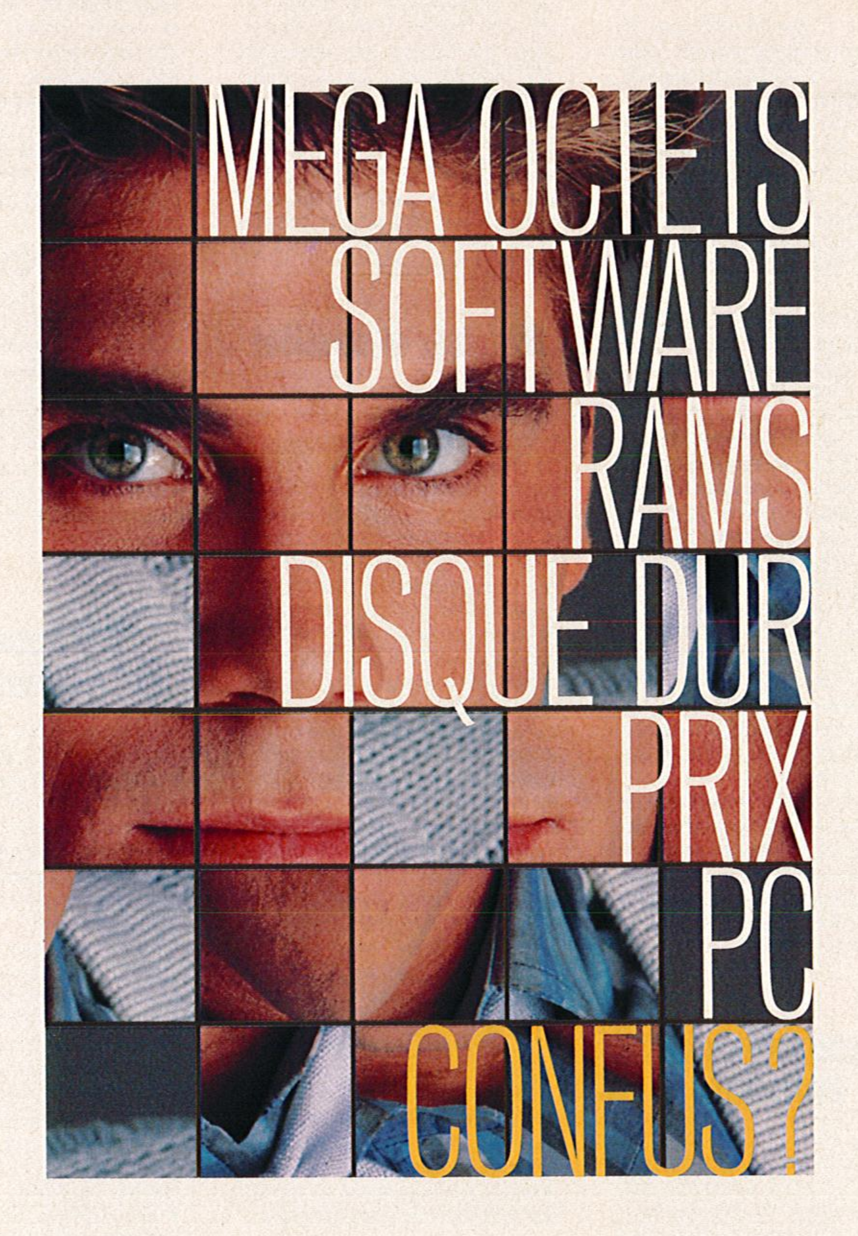
la tranche d'âge des plus-de-60-ans, il faudrait des hauts et des bas de fécondité assurant à terme une descendance finale de près de 3 enfants par femme, et une croissance démographique rapide et ininterrompue *ad infinitum* « Agiter l'épouvantail d'une "France ridée", c'est dénigrer les progrès sociaux et médicaux accomplis depuis le début du siècle. L'Organisation mondiale de la santé parle d'un autre indicateur, l'"Espérance de vie sans incapacité" (EVSI), estimée pour l'Europe entre huit et onze ans pour les hommes de 65 ans, et entre neuf et douze ans pour les femmes du même âge. Il est dommage d'oublier ce progrès, pour en rester à la mesure administrative de l'âge de la retraite à 60 ans, qui n'a plus guère de rapport avec la santé et les capacités des individus. A ce train, on pourrait également se plaindre de l'improductivité croissante des moins-de-20-ans, qui poursuivent leurs études plutôt que d'aller "au turbin".

Justement, nous nous sommes interrogés sur cette possibilité, incités par le "catastrophisme" entretenu par le centre d'études démographiques d'un des pays industriels où la natalité est la plus élevée. Si les deux Allemagnes ne se réunissaient pas, la France serait devenue, vers 2020, le pays le plus peuplé d'Europe, avec quelque 58,6 millions d'habitants. On sait bien que dans une société, un centre de recherche, comme dans une armée, l'encadrement peut inspirer les troupes. Lisons donc M. Calot lui-même, dans *Population et Sociétés*, bulletin mensuel de l'INED d'avril 1990 : « *Mais l'indicateur conjoncturel peut, tant en niveau qu'en tendance, être trompeur si on lui prête une signification "longitudinale" de descendance finale : l'indicateur de l'année n'est la descendance finale d'aucune génération. En effet, il ne dépend pas seulement de la descendance finale des générations qui sont alors en âge de fécondité ; il dépend aussi, et parfois fortement, de la variation, au fil de ces générations, de la répartition par âge des mères à la naissance de leurs enfants, c'est-à-dire encore de ce qu'on appelle les variations du calendrier de la fécondité.* » Or, on sait bien que ce calendrier depuis une dizaine d'années varie considérablement. On est donc bien dans le cas "trompeur" lorsqu'on privilégie l'indicateur conjoncturel, qui, pour le public et de nombreux hommes politiques, est devenu l'équivalent du "nombre d'enfants par femme".

Oui, « *c'est la vie* »... L'usage parfois fait de la démographie nous suggère, à nous, une phrase de Paul Valéry :

Il faut n'appeler science que l'ensemble des recettes qui réussissent toujours. Tout le reste est littérature.

(suite page 20)


MEGA OCTETS
SOFTWARE
RAMS
DISQUE DUR
PRIX
PC
CONFUS?

Trop cher pour notre santé

Depuis le 1er janvier 1989, une directive européenne interdit toute utilisation de substances anabolisantes "naturelles ou artificielles" dans les élevages producteurs de viandes. Mais comment dépister ces substances, tels le zéranol ou l'estradiol, qui, si elles sont "correctement" utilisées, ne laissent pratiquement aucune trace chimique de leur passage chez l'animal ?

La mise au point d'une technique de dépistage coûte cher, ce qui semble embarrasser le ministère de l'Agriculture. Ainsi, M. Mouthon, professeur agrégé de physique, chimie biologique et médicale à l'Ecole nationale vétérinaire de Maisons-Alfort, nous fait part des déboires financiers de son laboratoire qui travaille sur le sujet : « *Nous trouvons malheureusement un blocage de la part du ministère de l'Agriculture, qui réduit nos moyens de recherche,* écrit-il. *Ces travaux dérangent probablement trop, compte tenu de l'intérêt financier lié aux anabolisants utilisés quasi systématiquement et frauduleusement en France.* »

A une époque où le ministère de la Jeunesse et des Sports français lutte avec acharnement contre le dopage des sportifs, on est étonné d'apprendre que celui de l'Agriculture ne se donne pas les moyens de contrôler ses vaches...

Cœlacanthes et évolution

"Dans votre n° de décembre 1987, vous avez publié un article intitulé "Pour la première fois, on a vu nager un cœlacanthe" ; dans celui de janvier 1990, "Les fossiles vivants de Nouvelle-Calédonie" ; dans celui d'avril de la même année "Un autre fossile vivant, la Neopilina". Vous avez là la preuve que l'évolution n'existe pas », écrit, un peu vite sans doute, M. D. L., de Montmagny, au Canada, qui nous reproche, par ailleurs, de "dénigrer" les OVNIS. Rappelons donc à ce lecteur que l'intérêt des zoologistes pour le cœlacanthe, par exemple, dérive du fait qu'il constitue l'une des très rares exceptions à l'évolution des espèces vivantes. Pour dire simplement des choses qui emplissent des bibliothèques, les hipparions n'existent plus et les chevaux actuels n'existaient pas au temps des hipparions. Cela devrait clarifier un peu les idées. Par ailleurs, nous ne "dénigrons" pas les OVNIS, mais rejetons les explications pseudo-scientifiques des phénomènes qui induisent à y croire.

Respirer et souffler

Kinésithérapeuthe à Limal, en Belgique, M. R. W. se déclare sceptique à l'égard d'un "*panégyrique de l'exercice respiratoire*" paru dans le Forum de notre n° 874. Il rappelle ceci : « *La presque totalité des exercices respiratoires a bien pour effet (même secondaire) d'augmenter la ventilation pulmonaire, ce qui accroît la pression partielle d'O_2 dans le sang artériel (PaO_2). Mais, ainsi obtenu, ce surplus d'O_2 sanguin n'est pas disponible pour les cellules, car une amélioration minime de la PaO_2 par augmentation de la ventilation pulmonaire ne peut être obtenue sans un accroissement, proportionnellement plus important, de l'élimination du CO_2 par les poumons. Une élimination excessive de ce CO_2, par rapport à sa production par l'organisme, entraîne une chute de la pression partielle dans le sang artériel ($PaCO_2$) et une modification de l'acidité de ce dernier (alcalose respiratoire).* »

Remercions donc ce lecteur pour cette information et rappelons-lui que le "panégyrique" n'était pas notre fait. Nous n'endossons pas forcément la totalité des opinions que nous publions.

Inquisition et bon sens

« *J'éprouve un certain malaise à lire la déclaration commune des "250 savants espagnols contre l'astrologie" que vous avez passée dans le Forum d'août* », écrit M. Y. C. R., d'Evry. « *Elle a un relent d'Inquisition que me déplaît fort.* » Après avoir exposé l'étymologie du terme "astrologie", et avancé qu'Abraham lui-même, qui parlait avec Dieu, était astrologue (affirmation dont nous laissons la responsabilité à l'auteur), ce lecteur écrit que « *la simple honnêteté intellectuelle voudrait que nous respections une science dont les fondements risquent de surprendre* ».

Nous ne voyons guère que l'identité de vue de savants espagnols sur l'astrologie ait quoi que ce soit à voir avec l'Inquisition. La totalité des savants français y souscriraient. On appelle "science" un savoir vérifiable et, à cet égard, les assertions de l'astrologie sont invérifiables, comme nous l'avons souvent démontré. L'alchimie étant aussi ancienne que l'astrologie, il faudrait donc a priori y porter le même respect.

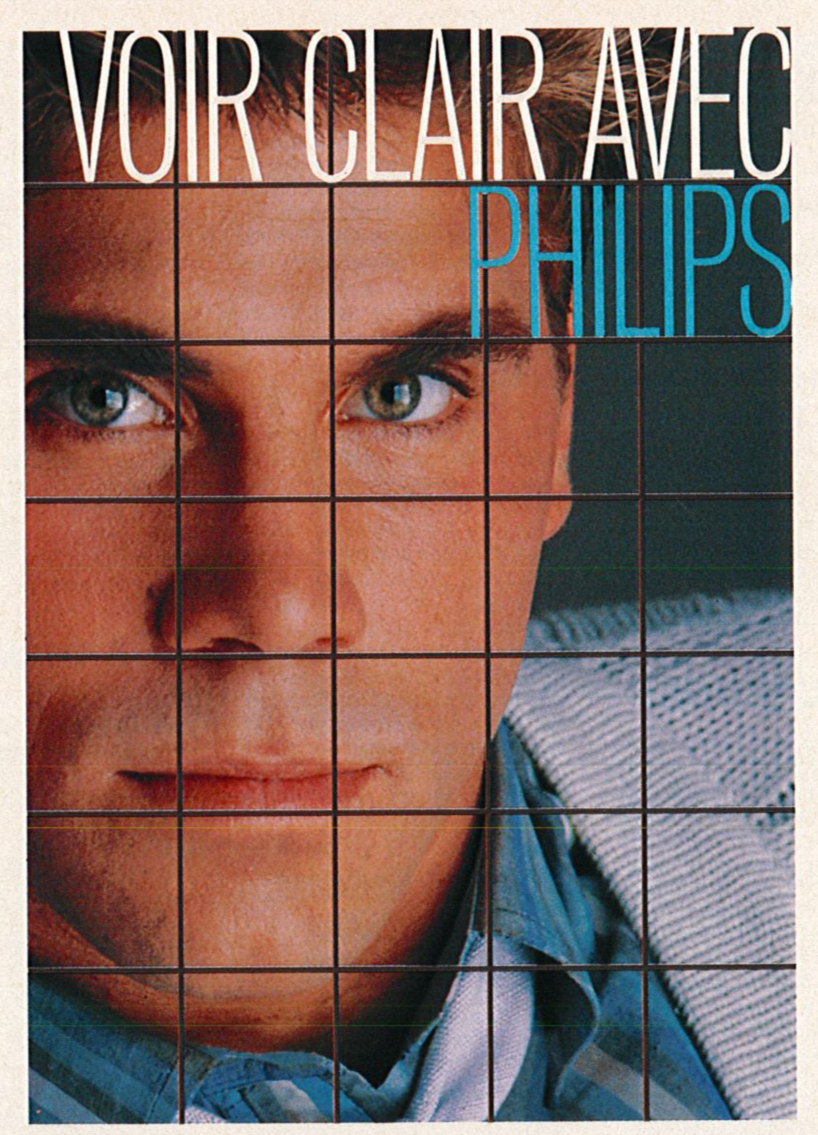
"Débilopathies" et "crétinopathies"

Nous extrayons de la lettre, savoureuse, mais trop longue pour être reproduite dans son intégralité, de M. S. M., de Montereau, les lignes suivantes au sujet de l'irrationnel, que ce lecteur attribue à la chute du sentiment religieux. « *Il me semble que le succès des "débilopathies" et des "charlatanologies" diverses tient aussi à deux éléments distincts :*

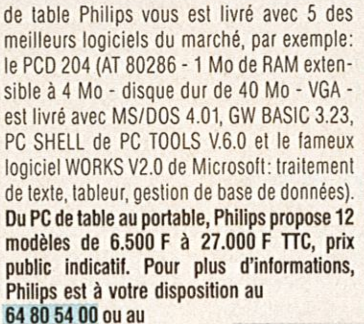
- *les crétinopathies sont le plus souvent des simplifications outrancières de théories scientifiques ; Hahnemann est le rejeton boîteux de Paracelse, les folies rikazaraïennes découlent d'idées à moitié cuites sur les substances que contiennent les différentes espèces végétales...*
- *Le succès de l'irrationnel (astrologie, chiromancie) procède plutôt d'une certaine lâcheté humaine. Les échecs sont plus nombreux que les réussites, et plus difficiles à assumer. Ce processus, pourtant indispensable à l'apprentissage, dérive du sentiment que ce n'est pas de notre faute si l'"on est dans un mauvais jour". Les pseudologies sont sécurisantes pour les esprits faibles...* »

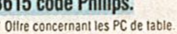
(suite du texte page 22)

P C P H I L I P S



Aujourd'hui, Philips lance une nouvelle gamme d'ordinateurs personnels compatibles IBM®. Alors, si jusqu'à présent, PC rimait pour vous avec maux de tête, Philips peut vous aider à y voir plus clair.
Quel que soit le modèle choisi, les PC* Philips sont livrés avec deux cassettes d'installation, l'une vidéo et l'autre audio. Vous pourrez ainsi, pas à pas, mettre en service votre nouveau matériel. En moins d'une heure, vous serez opérationnel. Chaque PC de table Philips vous est livré avec 5 des meilleurs logiciels du marché, par exemple: le PCD 204 (AT 80286 - 1 Mo de RAM extensible à 4 Mo - disque dur de 40 Mo - VGA - est livré avec MS/DOS 4.01, GW BASIC 3.23, PC SHELL de PC TOOLS V.6.0 et le fameux logiciel WORKS V2.0 de Microsoft: traitement de texte, tableur, gestion de base de données).
Du PC de table au portable, Philips propose 12 modèles de 6.500 F à 27.000 F TTC, prix public indicatif. Pour plus d'informations, Philips est à votre disposition au 64 80 54 00 ou au 3615 code Philips.







* Offre concernant les PC de table.

G3343 IMAGE BANK DAVID VANCE

PUBLICIS



PHILIPS

Un avion qui mérite les honneurs

M. J.-C. P., de Pessac, nous signale que nous avons omis, dans la légende d'une photo du n° 873, p. 95 de notre article sur le Paris-Air-Trophées, au Bourget, de spécifier qu'il s'agit de la Volucelle. « *Biplace en tandem, cet appareil a atteint en vitesse de pointe 209 km/h pour un poids total en charge de 415 kg. La motorisation est assurée par un simple Wolkswagen de 1 600 cm³, développant une puissance mesurée de 47 ch. Aucun biplace de puissance équivalente ne peut rivaliser avec lui. Le pilote aux commandes, dans votre photo, est le fils du concepteur, M. Roger Junqua...* » Nous sommes heureux de réparer notre omission.

Bantous et Zoulous

A propos de notre article sur les migrations humaines originelles, M. J.P. de M., de Cortaillod, en Suisse, nous écrit : « *Les Zoulous sont des Bantous et non une ethnie à part, comme pourraient le laisser supposer vos lignes. Tous les Noirs d'Afrique du Sud sont classés parmi les Bantous... Le mot "bantou" lui-même signifie "les humains".* » Ce lecteur a raison, mais pas tout a fait. Les Bantous constituent bien l'ensemble des populations de l'Afrique sud-équatoriale, et les Zoulous en font bien partie, mais les Boschimans et les Hottentots ne font pas, eux, partie des Bantous. Par ailleurs, et comme le rappellent tristement les événements actuels en Afrique du Sud, les Zoulous sont bien une ethnie distincte.

Coléoptères et V-1

M. J. G., de Marbais, en Belgique, et M. J.-H. P., de Mérignac, nous indiquent, à propos de notre article sur les coléoptères inventeurs de la pulsoréaction, que le pulsoréacteur qui équipait les V-1 pendant la Seconde Guerre mondiale fut « *inventé par l'ingénieur Paul Schmidt et fabriqué par la société Argus* », ce qui est exact ; nous l'avions, par erreur, attribué à von Braun. M. P., en particulier, nous rappelle que le pulsoréacteur est une variante du statoréacteur et que seul le V2 fonctionnait avec deux liquides. Ce qui est également exact. Du V2, le coléoptère possède donc la caractéristique de mélanger deux liquides, et du V1 celle de posséder un pulsoréacteur biologique. Amateur de technologie militaire, M. G., lui, nous signale par ailleurs que, « *le 14 septembre 1944 a été essayé un canon d'un type entièrement nouveau, dû à l'ingénieur Cönders. Il était constitué de tubes mis bout à bout, chaque section portait à sa base deux cylindres opposés contenant chacun une charge explosive, d'où son surnom, le "mille-pattes". Une première charge lançait le projectile qui, à son passage, faisait successivement exploser celles qui étaient réparties le long du tube. L'avance rapide des troupes alliées n'a pas permis aux Allemands d'utiliser cette arme. Votre revue (n° 874) a été la seule à suggérer que le canon irakien, si canon il y a, pouvait être un engin de ce type* ».

Calottes glaciaires, effet de serre et radicalisme

M. R. M., de Mirebeau, a relevé dans notre dernier Forum que, "*d'après les glaciologues : au cours des deux dernières décennies, les calottes glaciaires se sont considérablement accrues. Ce qui semble en contradiction absolue avec le baratin de "l'effet de serre" pour cause de CO_2 qui allait faire fondre ces mêmes calottes glaciaires et faire monter le niveau des océans de 80 m. Et vous, vous répondez à M. F. G., de Valence, que le réchauffement de l'atmosphère aurait accru les glaces polaires ! ça au moins, c'est du grand art* », s'écrit ironiquement ce lecteur. Rappelons donc à ce lecteur que la lettre à laquelle il fait allusion se référait à une information parue dans notre n° 873, p. 80. Ce n'est pas nous, mais le spécialiste Jay Zwally qui avançait que l'épaississement des glaces est bien un effet d'un éventuel réchauffement, l'accroissement de l'évaporation océanique par réchauffement de l'atmosphère entraînant, en effet, un accroissement de l'épaisseur des glaces polaires. Nous précisions aussi que ce n'est là qu'une hypothèse, car le même épaississement n'est pas retrouvé en Antarctique. Notre conclusion était qu'il n'existe actuellement pas de modèle satisfaisant pour expliquer les phénomènes contradictoires enregistrés ponctuellement. L'effet de serre n'est par ailleurs pas un "baratin", car il est bien établi que l'accroissement de gaz tels que le CO_2 et le méthane peut aggraver considérablement la tendance au réchauffement qui semble s'amorcer. Enfin, nous avons bien connaissance d'un risque d'élévation de 0,80 m du niveau des mers, pas de 80 m.

A nos lecteurs

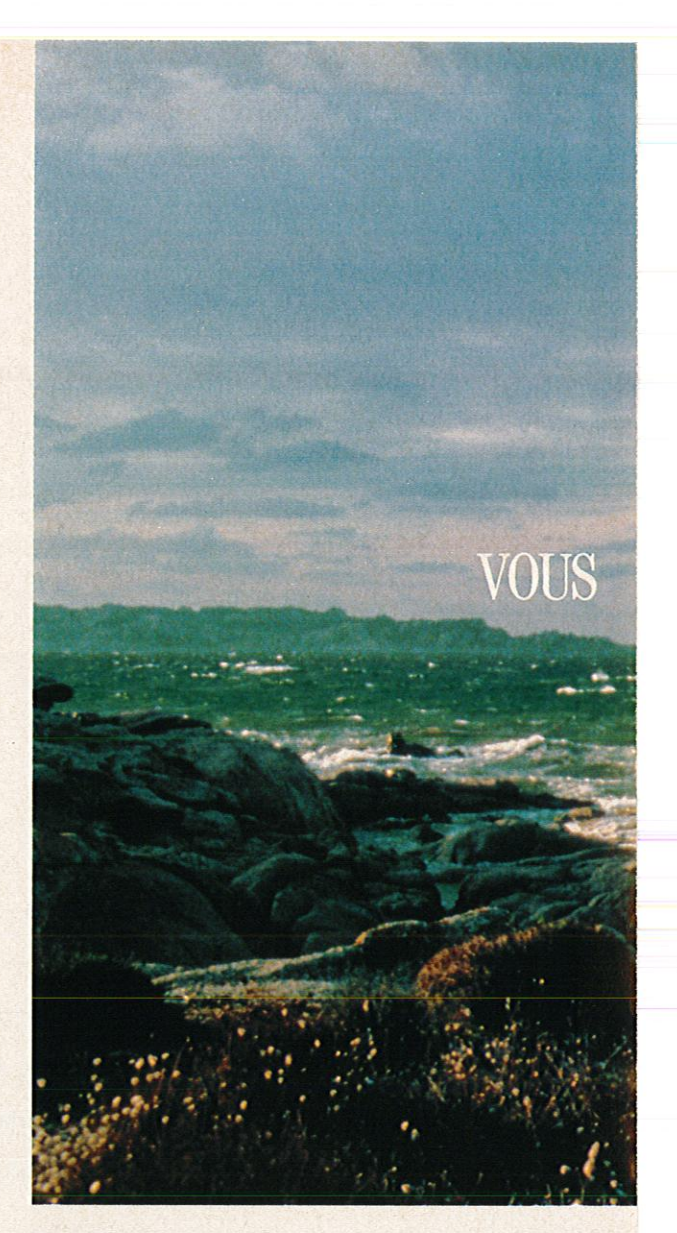
Le Forum a été créé dans le dessein de fournir à nos lecteurs des compléments d'information sur tel ou tel sujet que nous avons traité et pouvant intéresser l'ensemble de notre public.

Comme l'espace qui lui est imparti n'est pas indéfiniment extensible, nous prions les lecteurs qui nous écrivent de bien vouloir limiter leurs lettres à quelque 200 mots. Cela leur évitera la déception de voir leurs lettres tronquées le plus souvent de la majeure partie (nous recevons des lettres de cinq, dix et même quinze pages !). La lettre devra porter sur un point déterminé appelant un complément d'information. Comme tous les journaux, nous sommes souvent contraints, pour des raisons d'économie d'espace, de condenser les lettres.

Nous rappelons par ailleurs que, juridiquement responsables de tout texte que nous publions, nous ne reprenons pas les allégations injurieuses ou diffamatoires à l'égard de tiers. Et que le droit de réponse est réservé aux personnes civiles ou morales nommément mises en cause.

Enfin, nous rappelons également que nous ne pouvons assurer à nos lecteurs un service de bibliographie ni de traduction des textes de référence, qui n'entrent ni dans nos possibilités ni dans nos compétences.

QUAND ON ACHÈTE UNE VOITURE ON N'EST PAS OBLIGÉ D'ACHETER LE CRÉDIT AVEC.



Quand on utilise le crédit proposé par le vendeur, on a souvent l'impression de bénéficier de conditions intéressantes mais cela peut être une illusion.

Faire le détour chez l'Ami Financier, ce n'est ni du temps ni de l'argent perdus... puisqu'il vous ouvre de nouveaux horizons, entre autres celui du juste emprunt.

Qu'il s'agisse aussi pour vous de changer le décor de votre intérieur ou d'installer une cuisine intégrée, il vous propose des solutions vraiment adaptées à vos moyens, en vous préservant de remboursements inconsidérés, en vous faisant de très bonnes conditions.

UNE VASTE GAMME DE CRÉDITS PERSONNALISÉS.

Avec les prêts personnalisés de l'Écureuil vous allez découvrir une nouvelle liberté de décider, une nouvelle possibilité de donner champ libre à vos projets sans vous condamner à des fins de mois difficiles.

Un projet à cœur? Venez en parler avec l'Ami Financier. En fonction de la somme dont vous avez besoin, il étudiera avec vous la formule de financement la mieux adaptée à votre budget : prêt personnel, crédit de trésorerie, découvert contractuel...

A vous de choisir le montant du crédit et sa durée selon vos possibilités. Avec bien entendu la certitude de bénéficier des taux compétitifs.
Dès l'acceptation de votre dossier, qui est étudié dans les plus brefs délais, la somme mise à votre disposition est directement versée sur votre compte-chèques Écureuil.

Immédiatement vous pouvez réaliser votre projet. Vous remboursez ensuite à votre rythme, en fonction de

L'AMI FINANCIER OUVRE DE NOUVEAUX HORIZONS.

Robert & Partners CENCEP GIE R.C. 328000

Photo de Patrick PELBOIS. Caisse d'Épargne de Nice.

la périodicité des échéances prévues au moment de la signature du contrat.

MIEUX PRÉVOIR L'AVENIR.

Au moment d'un achat important, pensez à demander à l'Ami Financier toutes les possibilités offertes par votre Caisse d'Epargne.

Pour vous écouter, répondre à vos questions et étudier les solutions les plus adaptées à votre cas personnel, l'Ami Financier vous attend dans l'établissement le plus proche de votre domicile. N'hésitez plus, venez découvrir les nouveaux horizons que vous offre l'Ami Financier.

LIVRET A
Caisse d'Epargne Ecureuil

LE LIVRET A : LA RÉSERVE TRANQUILLE.

Quel que soit votre engagement de crédit, sachez conserver une totale tranquillité d'esprit avec une réserve d'argent suffisante mais toujours disponible et rémunérée sans impôts... sur votre Livret A.



APRÈS MARS, VÉNUS

Les premières photos du vrai visage de Vénus, la planète sœur de la Terre, viennent tout juste de paraître. Contrairement à Mars, qui est tout nu, le sol vénusien est masqué par une couche impénétrable de nuages, que le reporter céleste Magellan a dû percer au radar pour obtenir ses clichés.

PAR JEAN-FRANÇOIS ROBREDO

Lancée en mai 1989 à la découverte de la planète la plus mystérieuse du système solaire, le vaisseau de l'espace Magellan vient de commencer sa mission par une série de photographies tests prises à quelques centaines de km d'altitude et dont la qualité est supérieure à tout ce que nous possédions et même à celle escomptée par les scientifiques (ces tests ne devaient pas dans un premier temps être rendus publics).

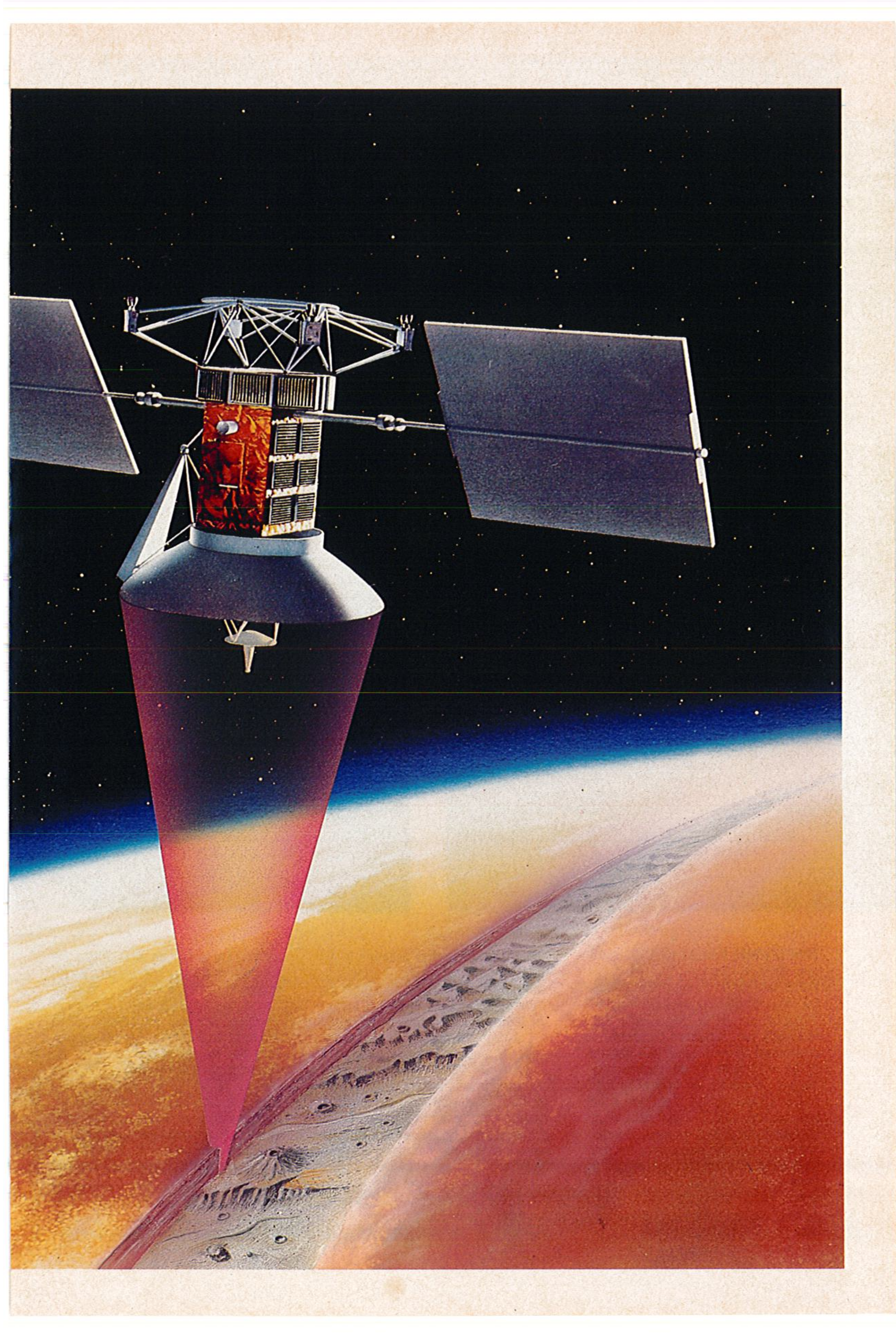
Si la mission est menée à son terme, c'est-à-dire une cartographie presque complète de la surface de Vénus, dans moins d'un an les astronomes et tous les amoureux du ciel pourront feuilleter un nouvel atlas planétaire.

Mais, dès aujourd'hui, la qualité des premières images permet d'affirmer que celle qu'on a souvent considérée comme la planète sœur de la Terre, notamment par sa taille et sa composition chimique, en est aussi très proche par la physionomie de sa surface. En quelques clichés, les spécialistes ont réussi à identifier des volcans et des régions volcaniques très semblables à celle d'Hawaï. Ces premières images montrent aussi, avec un grand luxe de détails, de nombreuses successions de chaînes montagneuses séparées par d'immenses canyons. La dernière grande confirmation concerne les failles sismiques, les fractures géologiques, et donc la grande

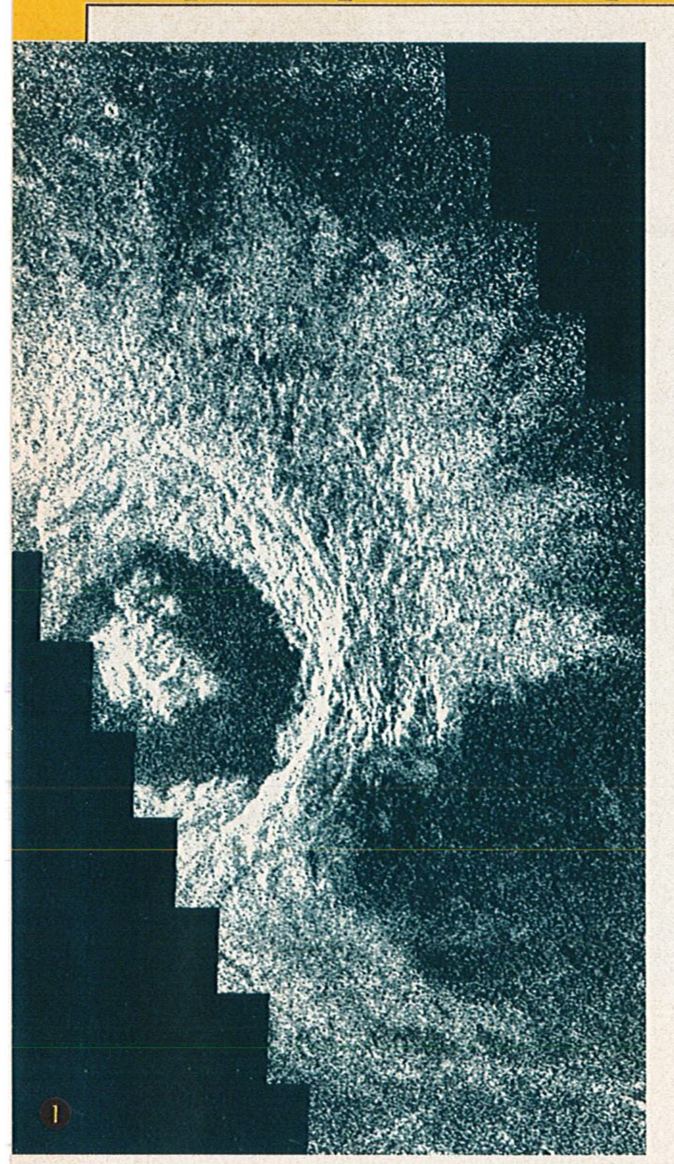
(suite du texte page 30)

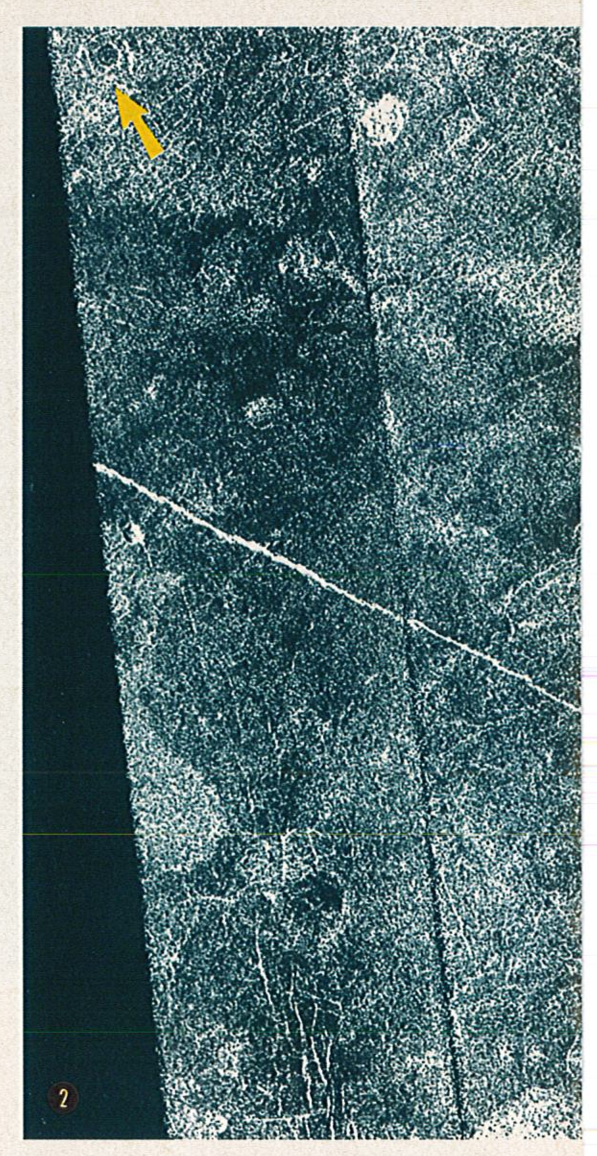


Les 350 km de la couche nuageuse qui nous dissimule le sol de la planète Vénus sont percés sans difficulté par le radar de la sonde Magellan.



Les quatre premières épreuves du photographe de



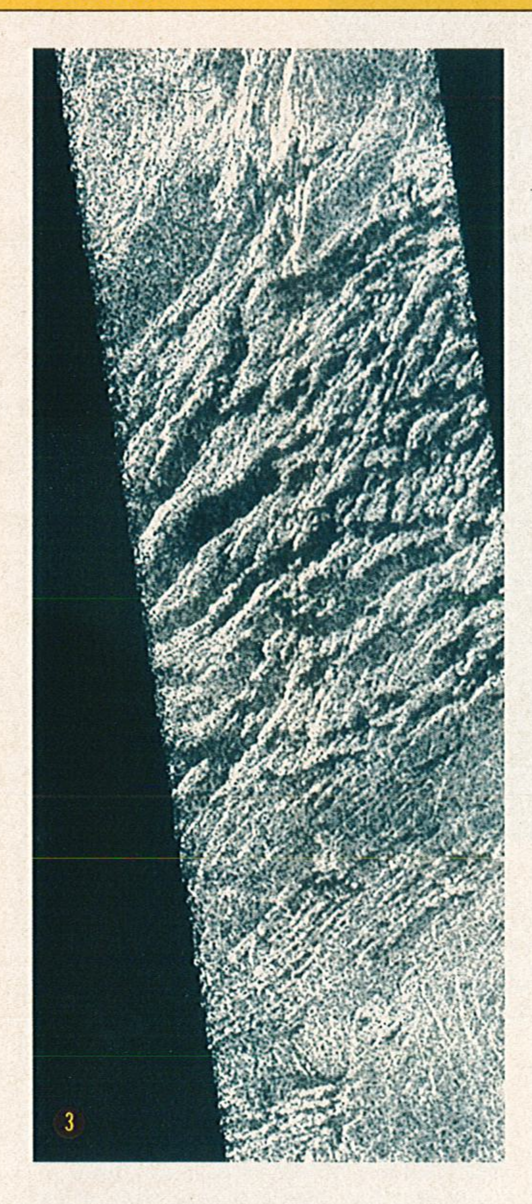


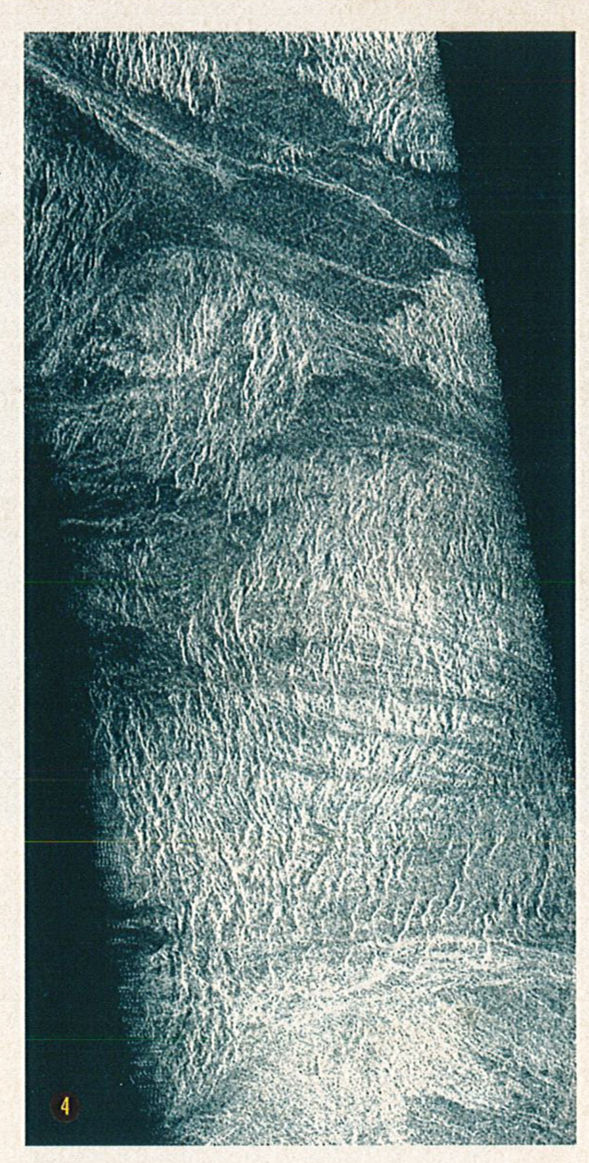
Une planète bombardée. Vénus a subi après sa formation le même bombardement météoritique que l'ensemble des planètes du système solaire. L'origine (on dit la "signature") météoritique de certains des cratères constellant sa surface ne fait pas de doute, comme le montre clairement le cratère Golubkina, de 34 km de diamètre (le plus grand répertorié à ce jour en fait 140) — du nom d'un sculpteur soviétique —, qui apparaît nettement sur une des quatre images tests de la mission (**1**), composées à partir d'une mosaïque de clichés pris par la sonde Magellan. Ici, la taille gigantesque des parois (celles des volcans sont moins imposantes), la présence d'un pic central (comme le pic éphémère que fait la surface d'un liquide en réaction à la chute d'un objet qui y tombe), les éjectas éparpillés autour du cratère dus à la violence du choc.

L'aspect beaucoup plus sombre de la partie la plus profonde du cratère suggère une zone relativement lisse (en cartographie radar, plus une région est irrégulière plus elle apparaît brillante), qui pourrait être due à des écoulements de lave comme cela a été remarqué sur de nombreux cratères lunaires.

L'aspect irrégulier (et très brillant) des éjectas est le signe que l'impact est relativement récent.

Volcans et tectonique des plaques. La région de Beta Regio est considérée comme une des plus volcaniques et montagneuses de la planète. Elle en comporte les deux édifices volcaniques les plus importants, Rhea Mons et Theia Mons, qui n'apparaissent pas sur les clichés envoyés. En revanche, on voit très bien sur une des images (**2** — 40 km de large) une structure d'un diamètre de 4,27 km, constituée de plusieurs cercles concentriques (flèche), qui ressemble en tout point à un volcan (les cercles sont la marque des affaissements successifs de la caldera). Elle constitue la première preuve directe de l'existence de volcans sur Vénus. Au centre de la photo apparaît une longue fissure clai-





re coupant en deux cette région volcanique que les scientifiques estiment comparable à celle d'Hawaï.

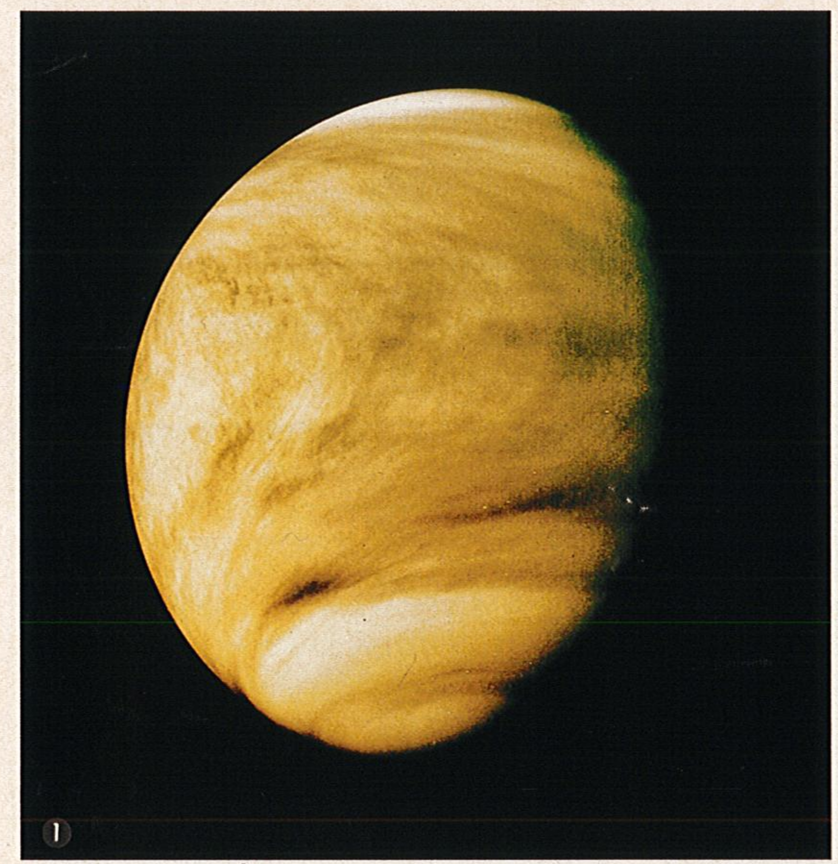
A Beta Regio, comme dans les régions semblables, la croûte vénusienne a connu une forte activité tectonique, responsable d'importants plissements de la croûte, qui donnent, sur une autre image (**3** — bande de 20 km de large), les nombreuses chaînes montagneuses parallèles entre lesquelles circulent de gigantesques canyons.

Le fond de ces gorges, qui paraît relativement lisse (puisque très sombre), pourrait être fait d'écoulements volcaniques figés, pensent les scientifiques, qui espèrent que des mesures ultérieures permettront de calculer la différence de datation entre les vallées et les sommets. Ils pourront alors reconstruire l'histoire géologique de la planète et aussi mieux comprendre ses mécanismes actuels d'évolution.

Tout en haut du cliché, la tache sombre pourrait être un lac de lave de 10 km de large.

Beta Regio n'est pas recouverte uniquement de reliefs très escarpés. Une autre image (**4** — 47 km de large), prise au-dessus d'une zone très proche de l'édifice montagneux Rhea Mons (déjà mentionné), fait apparaître une gigantesque étendue où le sol est formé de trains de minicrêtes peu élevées qui se succèdent et s'entrecroisent. Ces "rides" de la croûte ont entre 1 et 3 km d'épaisseur et sont espacées de minivallées d'une largeur moyenne de 1,5 km. Les zones sombres en haut de la photo semblent être, là aussi, de gigantesques lacs de lave cernés par des chaînes montagneuses.

Les sondages de Magellan s'effectuent par bandes de 20 km de large sur 16 000 km de long. Ces tests de cartographie sont jugés parfaitement satisfaisants par les scientifiques de la mission. Et lorsque la sonde vénusienne aura achevé son travail, c'est l'ensemble de la planète qui sera cartographié, avec une résolution identique à celle de ces photos (120 m), soit dix fois mieux que les meilleures images actuellement disponibles.



LA PUDIQUE PLANÈTE...

Dissimulée sous son manteau de nuages et de brumes épais de près de 350 km, Vénus (**1**) ne nous laissait rien voir de sa surface. Seules les ondes radar peuvent traverser ce masque et revenir ensuite avec les précieuses informations sur la structure de sa peau. Grâce à cette technique, l'US Geological Survey a pu fournir la meilleure carte actuellement disponible (**2** — voir aussi photo p. 32) de la surface de la planète, reconstituée à partir des données radar transmises par la sonde américaine *Pioneer-12*, les sondes soviétiques *Venera-15* et *Venera-16* ainsi qu'avec celles recueillies depuis le sol avec le radiotélescope d'Arecibo, à Puerto-Rico.

mobilité de de la croûte vénusienne.

Un monde nouveau s'ouvre à nous que les images de la sonde Magellan nous font apprécier avec une résolution record de 120 m en surface et de 30 m en profondeur. Ce premier succès permet d'espérer une moisson de découvertes impressionnante lorsque la cartographie complète sera achevée.

Pourtant la sonde Magellan a bien donné quelques sueurs froides aux spécialistes de la NASA. En effet, dès son arrivée près de Vénus, au début du mois d'août dernier, les techniciens perdaient le contact radio avec la sonde pendant près de quatorze heures. Avant d'avoir pu localiser la panne, et comme pour dramatiser encore la situation, cinq jours plus tard une nouvelle panne provoquait une coupure des liaisons pendant une demi-heure. Il semble aujourd'hui que ces interruptions étaient le fait de commandes automatiques déclenchées par le programme de secours destiné à réagir à la moindre anomalie de l'engin spatial. Après une première désactivation de ces programmes de secours, les spécialistes ont remplacé la partie de la mémoire "altérée" pour remettre ensuite tous les systèmes de sécurité en service. Les spécialistes ont eu chaud, mais la conquête spatiale peut continuer ! Actuellement la mission se déroule normalement — de façon "nominale", disent les spécialistes — et le programme de cartographie a commencé comme prévu au début du mois de septembre.

Si la qualité des premières images peut faire croire à l'utilisation d'une caméra embarquée, en fait la technique utilisée par Magellan est semblable à celle des radars terrestres. En effet, seules les ondes radar peuvent traverser, de jour comme de nuit, la très opaque atmosphère vénusienne. Cette épaisse couche nuageuse essentiellement composée de gaz carbonique (96 %) et d'azote (3 %) s'élève sur près de 70 km d'altitude. Au-dessus, et jusqu'à plus de 250 km, on a observé des couches brumeuses plus ténues. L'ensemble forme un fantastique bouclier qui rend totalement invisible la surface de la planète.

Vue de la Terre, l'Etoile du berger est le point du ciel le plus lumineux, après le Soleil et la Lune, car son manteau nuageux renvoie la plus grande partie de la lumière solaire (en effet, seuls 2,5 % des photons lumineux atteignent le sol). Cet éclat et cette "pudeur" ont fait de Vénus un des astres les plus attirants et les plus mystérieux du système solaire. On comprend dès lors l'attention particulière des scientifiques qui ont utilisé, dès le début des années 1960, depuis le sol, la technique de l'écho radar. Mais le manque résolution des mesures du relief ne permettait de mettre en évidence que les très grandes irrégularités de surface et encore pour seulement 2 % du total.

L'envoi de sondes radar sur place devenait donc une nécessité et c'est la sonde américaine *Mariner-10* qui, en 1974, sera la première à se placer en

orbite autour de la planète. En 1978, c'est la sonde *Pioneer-Venus-1* qui cartographie 80 % de la surface avec une précision en altitude de l'ordre de 200 mètres et une résolution en surface de 70 km. La véritable révolution sera le fait des engins spatiaux soviétiques *Venera-15* et *Venera-16* qui, en 1983 et 1984, envoient des images avec une résolution au sol de 1 ou 2 km.

L'objectif de Magellan est de faire dix fois mieux en nous montrant des détails d'à peine plus de 100 mètres. Une résolution qui doit permettre d'éclaircir les nombreuses énigmes restant à lever sur le sol vénusien, mais aussi sur sa structure interne. Certes, on connaît aujourd'hui assez bien les grandes structures de la surface, mais il reste aux scientifiques bien des détails à élucider pour arriver à une compréhension globale du fonctionnement et de l'histoire de la planète. Ainsi, on sait dès maintenant qu'environ 70 % de la planète présentent un relief extrêmement nivelé, sans écart supérieur à 500 mètres. Cette vaste plaine, que l'on peut comparer aux terrains les plus anciens de Mars et de la Lune, est parsemée de cratères de quelques kilomètres de diamètre. Viennent ensuite plusieurs régions de hauts plateaux surélevés d'environ 1,5 km, qui occupent 10 % de la surface totale. Deux formations principales s'y dessinent, Aphrodite et Ishtar, qui ont été baptisées "terres" à cause de leur ressemblance avec les continents terrestres. Sur Terra Ishtar, le plus haut sommet répertorié culmine à 11 800 mètres. La troisième catégorie de relief regroupe les parties les plus basses, environ 20 % de la surface, avec une profondeur moyenne de 1 km par rapport au niveau de référence et des pics n'excédant pas 3 km. Sur ce relief déjà grossièrement connu (***photo p.32***), la précision des mesures de Magellan devrait répondre aux questions qui se posent sur les trois principaux phénomènes géologiques étudiés : le rôle et l'importance des impacts météoritiques, la tectonique des plaques et le volcanisme.



2

... ENFIN DÉVOILÉE

Avec la sonde Magellan c'est un véritable saut qualitatif qui est en train d'être accompli : sa résolution au sol est de l'ordre de 100 m, c'est-à-dire que son capteur radar peut discerner des détails de 100 m de côté, soit dix fois mieux que les appareils utilisés à ce jour. En profondeur, il est sensible à partir de 30 m de dénivellé, contre 200 m actuellement. Après plus d'un an de voyage, Magellan est arrivée en orbite autour de Vénus et a déjà envoyé quelques images tests (voir p. 28) Elles sont satisfaisantes ; la sonde peut commencer sa mission : cartographier la quasi-totalité (90 %) de la surface de la planète.

Sur la tectonique des plaques les premières photographies radar sont déjà très instructives. Le grand nombre de fractures et de failles suggère pour Steve Saunders, chargé du programme Magellan à la NASA, « que les mouvements de la croûte ont été beaucoup plus violents que ceux qu'on imaginait jusqu'à maintenant ». Alors que la croûte terrestre est animée des mouvements de six principales plaques, « les plaques de Vénus semblent, d'après les premières analyses, beaucoup plus nombreuses, molles, déformables et fragmentées ».

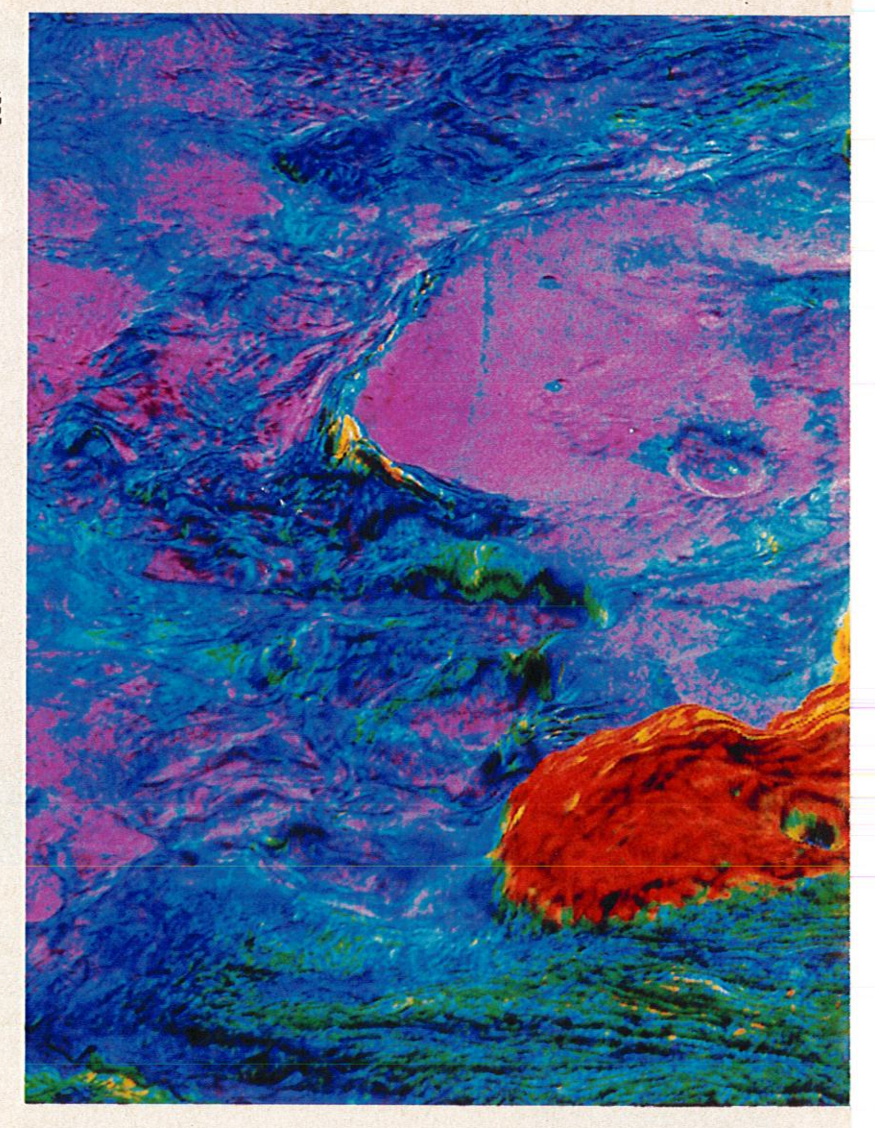
L'existence de volcans à la surface de Vénus semble devenir une certitude, alors qu'elle n'était jusqu'ici que conjecture. En effet, sur l'une des photographies, apparaît une structure formée de plusieurs cercles concentriques, signature caractéristique d'une caldera de volcan (***photo p.28***). Les

BIENTÔT UN ATLAS DÉTAILLÉ DE VÉNUS

Cette image d'une partie de la région vénusienne de Terra Ishtar, qui fait vaguement penser à un détail de toile à la Van Gogh, est ce qu'on faisait de mieux avant Magellan. A partir des cartes en deux dimensions établies par satellites (*Pioneer-12*, *Venera-15* et *16*), un programme informatique recrée point par point l'image que verrait une caméra posée au sol, puis la colorie en fonction des informations que l'on veut mettre en évidence.

Ici, les parties les plus basses sont en bleu et les reliefs en rouge. On y distingue trois massifs montagneux d'une portion de Terra Ishtar, zone proche du pôle nord de la planète : Maxwell Montes, au premier plan ; Freya Montes, à droite ; et Akna Montes, au fond. Dans la plaine centrale, on distingue les calderas de deux volcan : Sacajawea, au premier plan, et Colette, au fond.

Grâce à la sonde Magellan, on disposera bientôt d'images dix fois plus précises que celle-ci, qui permettront d'établir un véritable atlas de la planète sœur de notre Terre.

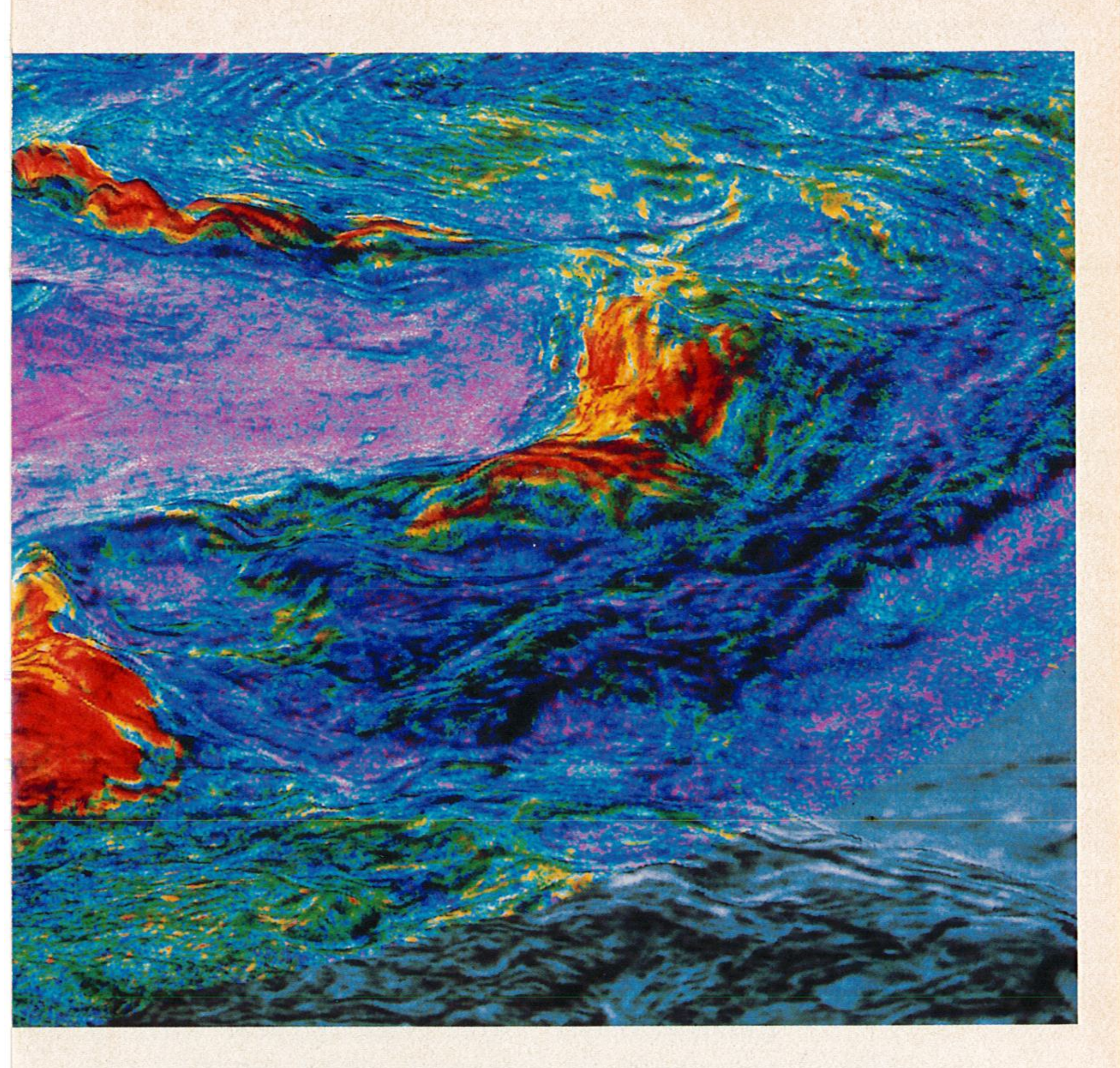


photos prises par Magellan d'une des régions les plus volcaniques et tourmentées de la surface vénusienne, Beta Regio, située dans une partie surélevée, montrent des gigantesques chaînes de montagnes alternant avec des vallées recouvertes de coulées de lave. Ces vallées ont-elles été creusées par de l'eau qui aurait coulé sur Vénus à une époque lointaine et qui aurait disparu depuis ? On attend une réponse des clichés de Magellan, où ces vallées apparaissent sombres par rapport au reste de la surface, ce qui signifie, à en croire les spécialistes, que les écoulements sont relativement récents.

De la même façon, une tache sombre de 10 km de largeur sur le haut d'une de ces photos semble aussi être due aux écoulements de lave. Ce relief très volcanique et géologiquement très tourmenté fait dire aux spécialistes de la NASA que Vénus est une sorte de "marécage volcanique".

Les impacts météoritiques apparaissent sur une première image du cratère Golubkina de 34 km de diamètre (***photo p. 28***), riche en informations. D'une part, elle confirme bien que, comme les autres planètes du système solaire, Vénus a subi après sa formation un bombardement météoritique intense. Le pic central et les bords de cratères plus brillants sont la signature de l'extrême violence de ces impacts. D'autre part, la régularité du fond du cratère, que l'on déduit de sa couleur sombre, peut être due à des écoulements de lave comme c'est souvent le cas dans les cratères d'impact lunaires.

Toutes ces déductions demandent bien sûr confirmation, et ce n'est que lorsque la cartographie complète sera terminée et les images analysées que la géologie de Vénus sera connue avec précision. Des études qui ne manqueront pas d'intéresser tous les géologues terrestres puisque les enseignements



que l'on pourra en tirer aideront à la compréhension de notre propre couche terrestre et de son évolution future.

En attendant, la mission a démarré, début septembre, avec la cartographie proprement dite. Celle-ci doit durer un jour vénusien entier, soit 243 jours terrestres, temps que met la planète pour effectuer une rotation complète sur elle-même. En effet, Magellan a été placée sur une orbite polaire perpendiculaire à l'axe Terre-Vénus. Située ainsi, elle restera toujours visible de la Terre et en contact avec elle. A deux exceptions près. Début novembre, en s'interposant entre la Terre et Vénus, le Soleil interrompra les liaisons pendant une vingtaine de jours. Second passage délicat : du 20 décembre à début février, les positions respectives des deux planètes perturberont les liaisons. Durant les 243 jours (terrestres) la sonde doit réaliser autour de Vénus 1 850 révolutions de cent quatre-vingt-neuf minutes chacune, pendant lesquelles elle enregistrera les reliefs du sol par bandes de 20 km de large sur 16 000 km de long. Lorsqu'elle aura achevé sa mission c'est l'ensemble de la planète qui sera cartographié. Tout au long de ses révolutions, les antennes de la sonde seront dirigées pour un tiers du temps sur Vénus (cartographie) et pour le reste vers la Terre (retransmission des données). Attention au torticolis !

Après ce tour complet, et si l'état de la sonde le permet, elle continuera son travail en rebalayant les mêmes zones pour boucher autant que possible les "trous" du premier passage. Au total, Magellan aura vécu cinq journées vénusiennes, soit environ trois ans et demi terrestres. En souvenir, les hommes laisseront en orbite le premier satellite de la planète Vénus. **Jean-François Robredo**

"C'EST VRAI : JE L'AI VU !"

L'ovni qui a hanté les nuits belges, au printemps dernier, n'est pas seulement, comme nous l'avions avancé, un avatar du F-117, avion furtif américain. C'est un portrait-robot impossible, établi par des ufologues convaincus, un amalgame de données tellement hétéroclites qu'aucune d'entre elles, prises séparément, ne peut constituer une explication satisfaisante. Feux nocturnes du F-117, ou plus vraisemblablement de son successeur secret, alignement d'étoiles, écho radar factice, communiqués de l'armée de l'air belge, dont l'objectif principal est de laisser penser que sa vigilance n'a pu, très exceptionnellement, être trompée que par un pilote extraterrestre ; tout cela, déversé dans le grand entonnoir de l'étrange, aura produit une rumeur qui n'est pas près de s'éteindre.

PAR DOMINIQUE CAUDRON

Fin mars 1990. Depuis quatre mois, les ovnis sont réapparus dans les médias. Les observations se sont multipliées dans une zone comprise entre Liège et la frontière allemande. Les ufologues sont ravis, mais débordés. L'armée de l'air belge apprécie moins, mais a pris la chose au sérieux. Des chasseurs F-16 ont déjà pris l'air, mais sont rentrés bredouilles.

Le soir du 30, à Ramillies, entre Namur et Tirlement, le gendarme M. A. Renquin se délasse avec des amis. Vers 23 heures, prévenu par sa femme, il découvre une lumière insolite vers l'ouest. Comme le devoir le lui commande, il prévient la base aérienne de Beauvechain, qui prévient le centre de contrôle radar de Glons, qui prévient la gendarmerie de Wavre, qui prévient les autres brigades du secteur. Une patrouille, amenée par le capitaine Pinson, se rend sur place.

A 23 h 15, le radar de Glons détecte un écho dont la source semble se déplacer vers l'ouest à 48 km/h. Un écho qui va zigzaguer sur l'écran pendant une heure. Entre-temps, les gendarmes au sol observent d'autres lumières étranges au comportement erratique.

A 23 h 49, le radar de Semmerzake détecte, lui aussi, l'écho mystérieux. La position correspond approximativement à celle relevée à Glons. Sur la



base de Beauvechain, les deux F-16 d'alerte AL 17 et AL 23 décollent.

Le radar d'un F-16 analyse les signaux qu'il reçoit et affiche sur écran vidéo une image de l'écho ainsi que les paramètres de vol de la cible suivie. Il est capable de maintenir son orientation vers l'objectif. Il suffit au pilote de déplacer un curseur sur l'écran et de "cliquer" lorsque celui-ci coïncide avec l'écho. C'est comme s'il s'adonnait à un jeu vidéo en vraie grandeur. L'image n'est pas si mauvaise, comme la suite va le montrer. A 23 h 59, le radar de Semmerzake perd le contact, tandis que sur celui de Glons l'objet continue de divaguer vers l'ouest.

A 0 h 13, l'un des chasseurs réussit à "accrocher" l'objectif. A peine "éclairée" par le radar du F16, la cible se met à renvoyer des échos aberrants. Elle semble accélérer brusquement de 280 à 1 800 km/h en descendant, puis remonte, puis plonge au sol. Puis plus rien. Le pilote n'a pas vu l'engin et personne au sol n'en entendu de bang sonique. A 0 h 19, le radar de Glons perd lui aussi le contact.

D'autres échos vont apparaître sur les écrans radar de Glons, de Semmerzake et de Beauvechain. Mais quand l'objet s'approche de l'aérodrome de Liège-Bierset, ni Bierset ni le radar de Maastricht ne le détectent. Et quand il semble proche de Beauve-

chain, c'est Beauvechain qui ne détecte rien. Incompréhensible ! Deux autres tentatives des chasseurs F-16 se soldent par le même jeu de cache-cache. Et pas moyen d'observer de visu cet objectif diabolique.

Pendant ce temps, les lueurs insolites continuent de se manifester devant les gendarmes, qui les observent jusque vers 1 heure. Les chasseurs rentrent à leur base.

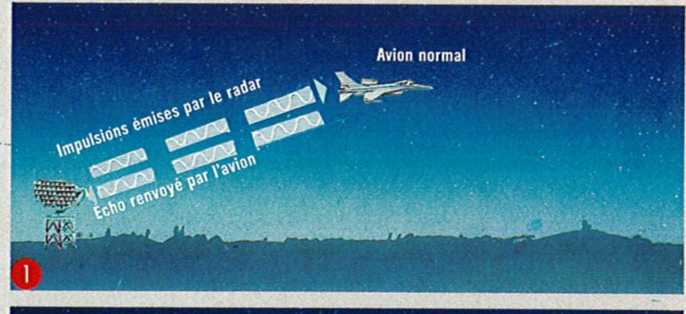
A Jodoigne, au nord de Ramillies, d'autres gendarmes voient alors, eux aussi, d'étranges lumières jusque vers 1 h 30. Le capitaine va pouvoir faire au major du district un rapport "en béton". Au total, c'est 5 groupes de gendarmes qui "les" ont vus.

Le 3 avril, la télévision présente les image du F-117 A, alias F-19, l'avion *stealth* (terme anglais qui signifie furtif, invisible aux radars) dont l'US Air Force avait nié l'existence jusqu'en novembre 1988.

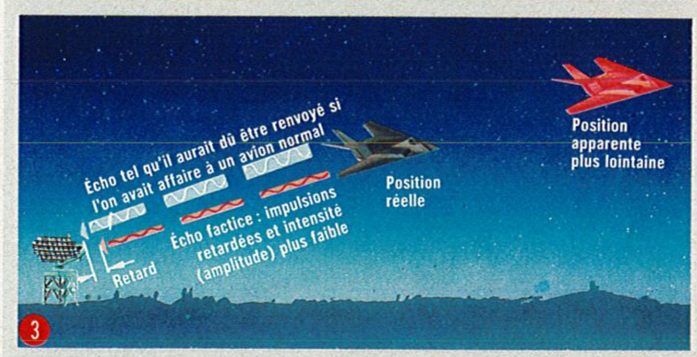
Ces informations réactualisent l'opinion d'André Dumoulin, du GRIP (Groupe de recherches et d'information sur la paix). Dès le début de la vague, il avait fait remarquer que cet appareil était assez étrange pour semer la confusion, d'autant qu'il vole préférentiellement de nuit. Opinion démentie dès le 20 décembre par l'ambassade américaine à Bruxelles : « Aucun appareil F-117 A n'effectue ou n'a effectué de survol du territoire belge. » On imagine que dix-huit mois plus tôt la réponse eût été : « L'appareil auquel vous faites allusion n'existe pas. » Alors qu'il vole bel et bien depuis 1981.

Impuissante contre ce nouveau "baron noir", l'armée de l'air belge n'en collabore pas moins avec la SOBEPS (Société belge d'études des phénomènes spatiaux).

Le 14 avril, une gigantesque chasse à l'ovni est organisée en Belgique. Des groupes de guetteurs









F-117, L'AVION QUI JOUE À CACHE-CACHE

Le Lockheed F-117, de par sa géométrie et son revêtement spéciaux, amortit les ondes radar envoyées par une station au sol ou un avion poursuivant. Il est doté de contre-mesures électroniques qui lui permettent, après analyse de l'onde reçue, d'en renvoyer une autre, dont les caractéristiques induisent en erreur l'adversaire.

Un avion normal, lorsqu'il est éclairé par un train d'impulsions d'ondes radar, réfléchit celles-ci (**1**), qui sont captées par la station au sol (ou l'avion poursuivant). Il apparaît alors sur les écrans de la partie adverse comme un point lumineux qui se déplace, avec sa position et sa vitesse. Par souci de clarté de l'explication, nous ne tiendrons pas compte, ici, de l'effet Doppler ni du décalage (voir plus loin).

Le F-117, d'après ce qu'on en sait, peut paraître, au choix, plus proche, plus lointain, plus rapide ou plus lent qu'il n'est en réalité.

Pour paraître plus rapproché, il renvoie un écho de même fréquence mais dont les impulsions sont avancées dans le temps (**2**) d'une fraction de seconde plus ou moins grande selon la proximité qu'il veut suggérer. Mais il faut aussi que ce signal factice soit d'une intensité (d'une amplitude) plus grande, compatible avec la distance simulée. L'intensité du signal étant proportionnelle à l'inverse de la puissance quatre de la distance entre l'avion et le radar, l'antenne de ce dernier doit recevoir du F-117 un signal qui en tienne compte (sinon la supercherie sera démasquée).

Pour paraître plus éloigné, il renvoie un écho aux impulsions retardées et d'une intensité réduite (**3**).

Pour paraître plus rapide (**4**) ou plus lent, il joue sur l'effet Doppler, celui-là même qui fait que la sirène d'un train qui s'approche paraît plus aiguë (la fréquence augmente, comme si l'onde sonore était écrasée devant le train) qu'elle n'est en réalité, et plus grave lorsqu'il s'éloigne (la fréquence diminue, comme si l'onde était étirée par la fuite du train).

En réduisant fortement et rapidement la fréquence de l'écho factice renvoyé par rapport à celle de l'onde reçue du radar, le F-117 peut donner l'impression d'accélérations dont aucun avion au monde n'est capable. Ou, au contraire, en renvoyant une fréquence identique, on croira qu'il fait du sur-place. C'est exactement ce qu'ont fait les "ovnis" sur les écrans des radaristes médusés.

En manœuvre de combat, le F-117 peut ainsi, sans se donner trop de mal réel, tourner en bourrique un avion poursuivant. Il lui suffit d'envoyer de sa position à l'instant t_1 un écho factice simulant qu'il est plus proche du poursuivant (selon les mêmes principes que ci-dessus), puis de se laisser chuter de quelques mètres et d'envoyer à un instant t_2 un autre écho factice simulant, cette fois, qu'il est beaucoup plus loin (**5**). De quoi affoler les systèmes d'acquisition de cible et de tir de l'adversaire, qui croiront avoir affaire à un engin aux accélérations foudroyantes et évoluant à des vitesses vertigineuses.

s'installent, reliés par radio. L'armée apporte son concours. Un avion est prêt à décoller à tout instant (une alerte prouvera que cette disponibilité était toute relative). Malgré plusieurs jours de guet, le résultat est maigre. Les ufologues ne ramènent pas de preuves décisives dans leurs filets.

Il faut dire que les autorités belges ont engagé moins de moyens dans l'opération que les autorités françaises pour la chasse à l'insaisissable "baron noir" au-dessus de Paris, en été 1988.

Le 21 avril, l'US Air Force présente officiellement son dernier rejeton sur la base aérienne de Nellis, dans le Nevada. Les journalistes photographient le *Black Jet* sous tous les angles, mais à distance. Bernard Thouanel est là pour *Science & Vie* ([1]).

Le 3 mai, dans l'hebdomadaire VSD, il écrit ce que d'aucuns commencent à penser : « Et si l'ovni belge était le F-117 américain ? » Le colonel Antony J. Tolin, commandant l'escadron des F-117, aurait déclaré : « Des F-117 volent en Europe lors de missions nocturnes... mais nous ne vous dirons pas dans quel pays. »

Dans quel pays ? Les militaires belges doivent avoir leur petite idée là-dessus, mais peuvent-ils l'avouer ?

Le 20 mai, les journaux belges ressortent l'observation du 30-31 mars que nous relations au tout début de cet article. Un rapport envoyé au ministre de la Défense aurait mis en évidence des corrélations entre les échos radar et les observations au sol.

Le 31 mai, l'état-major de la force aérienne belge envoie un rapport sur ces observations au physicien Léon Brenig, de la SOBEPS déjà citée. Ce rapport rédigé en flamand et (mal) traduit en français, donne beaucoup de préci-

(1) Voir notre numéro 873, de juin 1990, p. 84.

sions sur la trajectoire des ovnis d'après les radars, mais aucun renseignement utilisable quant aux observations des gendarmes dont « l'objectivité ne pourrait être mise en doute ». Les explications à base de B-2, de F-117, d'ULM, d'Awacs, de ballons-sondes, de planètes, de faisceau laser ou d'illusion d'optique sont exclues. On suggère : « La formation géométrique tente à prouver un plan programme » (*sic*, dans la traduction française). Autrement dit, il y a une intelligence derrière ces phénomènes inexpliqués.

De là à suggérer que les extraterrestres ne tarderont pas à être mis en cause, il n'y a qu'un pas. Ce rapport sera reproduit dans les journaux belges une semaine plus tard.

L'hypothèse la plus acceptable pour les incrédules est qu'il s'agit tout simplement des F-117 ([2]). +ais elle n'est pas du goût de tout le monde. La riposte s'organise. L'armée belge décide de diffuser les images, enregistrées au magnétoscope, des écrans radar de ses propres F-16, lors des tentatives d'interception du 30-31 mars.

Fin juin, ces photos sont publiées par *Paris-Match*, dans le cadre d'une enquête de Marie-Thérèse de Brosses, accompagnée du physicien — quoique ufologue convaincu — Jean-Pierre Petit, auprès du colonel de Brouwer, du QG de la force aérienne belge. Le colonel commente les images. L'objet passe en une seconde de 280 à 1 800 km/h, soit une accélération de 40 g ! Que peut-il être ? Une météorite ? Le F-117 ? On écarte cette dernière hypothèse.

« Le F-117, dit le texte, n'est absolument pas conçu pour une pénétration à basse altitude. » Le colonel Tolin, déjà cité, qui sait de quoi il parle, avait affirmé le contraire lors d'une conférence de presse.

« Le F-117 ne possède pas de réacteurs de sustentation lui permettant de voler aussi lentement. » Les F-117 (vieux d'ailleurs de neuf ans) présentés à Nellis ne semblaient pas, en effet, en posséder ;

« Aucun appareil n'est capable de voler à 1 800 km/h aussi près du sol. » Vrai, mais remarquons au passage qu'il s'agit d'une vitesse apparente enregistrée par les seuls radars. Or, le F-117 est conçu d'origine pour la guerre anti-radar et bourré de systèmes de contre-mesures électroniques ou ECM, destinés à tromper les radars sur sa position et sa vitesse (*voir dessins p. 36*).

« Un télex de l'attaché militaire de l'ambassade des Etats-Unis précise : "Aucun F-117 A n'a jamais stationné en Europe de l'Ouest ni survolé un des pays concernés." » Affirmation crédible ? Diverses revues d'aéronautique s'entendent à dire que plusieurs F-117 stationnent en Grande-Bretagne.

Jean-Pierre Petit renchérit : « Aucune machine fabriquée par l'homme ne peut voler à vitesse supersonique sans faire de bang, ce qui laisse croire que l'observation du 30-31 mars serait donc une preuve de l'origine extraterrestre de l'engin. »

Pourquoi les radars n'ont-ils détecté aucun ovni lors de la grande chasse qui leur fut faite ? Pour les partisans de l'extraordinaire, c'est parce que les ovnis volaient à moins de 200 m d'altitude, c'est-à-dire en dessous de la couverture radar. Ce point est inexact : la nuit du 30-31 mars, les "ovnis" ont été signalés à plus de 1 000 m d'altitude.

Depuis le début de l'affaire, chaque fois qu'une voix s'élève pour soupçonner une violation de l'espace aérien belge par des avions furtifs, type F-117, les autorités concernées diffusent des "informations" tendant soit à infirmer directement cette hypothèse, soit à accréditer l'idée que les performances des engins non identifiés ne sont pas terrestres. Nous ne pouvons éviter de jouer à ce jeu, mais nous allons en changer un peu les règles.

Le même J.-P. Petit, directeur de recherche au CNRS, vient de publier *Enquête sur les ovnis* (***voir p. 162***). Il est l'auteur d'une ingénieuse théorie permettant à un engin matériel de se déplacer à vitesse supersonique sans provoquer d'onde de choc, et donc de bang sonique. Notre revue s'en est fait l'écho en son temps ([3]). Disons simplement qu'elle consiste à retourner un convertisseur magnéto-hydrodynamique pour placer l'intérieur à l'extérieur. L'engin se déplace en agissant, grâce à un puissant champ magnétique, sur l'air ambiant préalablement ionisé grâce à des ondes hyperfréquences.

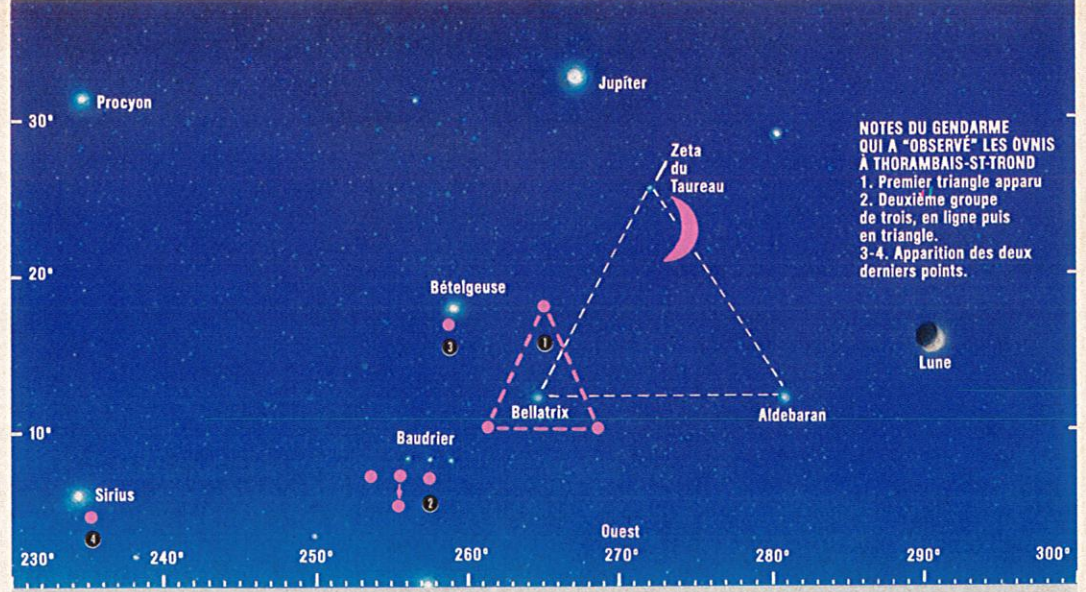
Un tel engin est-il faisable ? De toute façon, enveloppé dans son cocon d'air ionisé, qui réfléchit les ondes radar comme la neige la lumière visible, l'hypothétique engin à MHD serait en permanence hypervisible au moindre radar.

Cela dit, personne n'a de preuve ni pour ni contre. On ne peut pas, par exemple, prouver que l'attaché militaire de l'ambassade des Etats-Unis ait menti. Il a peut-être seulement joué sur les mots. Ou sur les lettres. C'est peut-être un F-117 B, ou C qui trouble les nuits belges.

Comme nous le soulignions dans notre article de juin 1990 déjà cité, le F-117 A pourrait être aujourd'hui dépassé. Par quoi ? Par un engin capable, outre d'être indétectable, de rester immobile comme le Sukhoi-27 soviétique dont tout le monde a pu admirer les performances au dernier Salon du Bourget, ou comme le Harrier britannique capable aussi de leurrer les radars.

Au cours d'une réunion des pilotes d'essais à Arles, le 4 septembre dernier, un pilote américain de F-117 projeta un film qui montrait les défauts de cet appareil, incapable, notamment, d'atterrir à moins d'une piste de 1 000 m. De plus, il est aujourd'hui détectable par le radar français qui guide les

(2) Dans notre numéro 763, l'encadré publié en p. 92 dans l'article "L'ovni c'est lui" explique les fondements de cette hypothèse, mais ne mentionne pas les échos radar reçus par le F-16, l'armée belge ne les ayant divulgués qu'après notre mise sous presse.
(3) Voir notre article "Comment faire voler un ovni (sur le papier)", *Science & Vie* n° 702.



LE CIEL EST PEUPLÉ D'OVNIS

Le 30 mars dernier, un des gendarmes belges "témoins" d'ovnis a fait un croquis détaillé des objets lumineux qu'il a vu apparaître dans le ciel. Voici son dessin (points coloriés en rouges par nos soins), que nous avons superposé à une carte du ciel au-dessus de Thorambais-St-Trond tel qu'il se présentait ce jour-là et à l'heure indiquée par ledit gendarme, c'est-à-dire à 23 h 45, heure locale (21 h 45 TU). On remarquera la quasi-parfaite coïncidence. Quant au léger décalage du dessin par rapport au ciel réel, tous les astronomes amateurs connaissent le phénomène : sans repères ni instruments, lorsqu'on dessine le ciel à l'œil nu, on a tendance à réduire le champ réel, à "ramasser" les objets observés ; aussi le triangle 1 n'est pas à sa place et la Lune est décalée.

La position de la Lune dessinée par le gendarme est due à une erreur du même ordre : un objet situé à 30° au-dessus de l'horizon est couramment estimé à 45°. Et elle est plus grosse, car, très basse sur l'horizon à cette heure-là, elle bénéficie d'une illusion d'optique bien connue.

Enfin, rien n'est dit dans les rapports sur l'état du ciel. Or, il suffit d'un banc de brume ou de légers nuages d'altitude à évolution lente pour masquer et démasquer certaines portions du ciel, ce qui expliquerait les apparitions et disparitions rapportées. On peut admettre que c'est ainsi que l'étoile centrale du Baudrier a été d'abord visible, puis masquée, alors que le phénomène inverse s'est produit pour la nébuleuse d'Orion, qui se trouvait à ce moment-là juste en dessous.

missiles Shahine, ou par des radars à ondes métriques (4). Ce qui peut laisser à penser qu'on ne l'a dévoilé au public que parce qu'on l'abandonnait en faveur, peut-être, d'un autre plus performant. Car il est difficile d'imaginer qu'après huit ans de travail l'US Air Force ait abandonné la filière *stealth*. Un général français qui assistait à cette projection a fait une remarque à méditer. « C'est proprement incroyable, a-t-il dit en substance, qu'on ait réussi à tenir pendant huit ans le secret le plus impénétrable sur la construction de cet avion qui a pourtant demandé la collaboration d'au moins 3 000 personnes. Ce qui a conduit, en particulier, à ne le faire voler que la nuit. »

Si, donc, un nouveau *stealth*, plus performant, s'essayait à voler ces temps-ci, on se retrouverait dans une situation similaire : secret absolu, vols de nuit, etc., avec un appareil vraisemblablement encore plus déroutant que le premier.

Dans cette hypothèse, logique, l'US Air Force, après avoir testé ce nouvel appareil dans le secret de ses bases aériennes, aurait fait des tests "en vraie grandeur", dans des conditions se rapprochant au maximum de celles prévues pour les futures missions de l'engin, au-dessus de l'Europe centrale.

La Belgique offrait le risque politique minimal. La zone Liège-frontière allemande offrait l'ambiance radar la plus propice. Une première phase aurait consisté à tester la furtivité. Le bouquet final aurait été un stationnement au-dessus de l'agglomération bruxelloise, phares allumés, avec chatouillement de la surveillance radar par émission d'échos factices. Mais, bien entendu, cette hypothèse est toute gratuite.

Voyons maintenant les faits de plus près. Le 30 mars, 5 groupes de gendarmes observent tous les azimuts et pendant deux heures et demie des lumières insolites. Dans les directions indiquées, les radars s'obstinent à ne rien détecter. En revanche, ils détectent des échos émanant d'un engin fantaisiste qui tantôt émet des échos, tantôt n'en émet pas, et qui s'obstine dans cette dernière attitude envers les radars trop proches. Cet engin refuse de se laisser détecter par deux radars à la fois, sauf sur de courtes portions de trajectoire, notamment au sud de Bruxelles, entre Groendael et Alsemberg.

Or, cela est incompatible avec la détection d'un engin réfléchissant réellement les ondes d'un radar,

(4) Voir notre article "Radars fureteurs contre avions furtifs", *Science & Vie* n° 846.

lequel, dans ce cas, reçoit obligatoirement un écho dont l'intensité varie comme l'inverse de la quatrième puissance de la distance. En revanche, c'est exactement ce qu'on doit observer dans le cas d'un engin à la fois indétectable au radar et pourvu d'ECM (5) capables de renvoyer un pseudosignal modulé en fonction de la position et de la vitesse à simuler (***voir dessins p. 36***).

Par ailleurs, l'engin ne peut pas tricher sur sa direction. Il ne peut agir sur deux radars à la fois que lorsque sa position prétendue est la même que sa position réelle, ici au sud de Bruxelles.

Enfin, cela explique parfaitement les échos déroutants reçus par les radars des F-16, l'engin ayant simplement modifié rapidement sa position simulée, tout en modifiant sa position réelle pour corser le jeu (***voir dessin p. 37***).

La trajectoire reconstituée sur les radars au sol n'avait donc pas plus de réalité qu'un jeu vidéo. En fait, l'engin se trouvait au sud de Bruxelles et, curieusement, c'est deux heures plus tard, à Bruxelles, que Marcel Alfarano filma l'ovni triangulaire qui ressemble tant au F-117 (***photo p. 35***). Les ovnis étaient donc pourvus d'ECM, mais cela ne prouve pas qu'ils soient des F-117 A. Et puis, il y a les témoins au sol.

Voyons donc les rapports des gendarmes. Qu'on nous permette d'être déçus. Aucune mesure d'angle faite à la boussole. Aucune estimation de la position des ovnis par rapport aux étoiles et aux planètes. Les positions sont établies sur la foi de témoignages dont les auteurs se révèlent pourtant incapables d'estimer la distance. Et pas de carte du ciel, évidemment. Les estimations de luminosité sont du genre « trois fois la taille d'une étoile ». Faisant preuve d'initiative, les gendarmes de Jodoigne sont allés chercher un télescope — ou une longue-vue ? — mais n'ont pas su s'en servir. Ils ont dû employer des jumelles, et pris, semble-t-il, pour des détails de l'ovni les irisations dues tout simplement à un mauvais réglage des lentilles. Puis, ils en ont fait un dessin en indiquant le grossissement, qu'ils semblent d'ailleurs avoir confondu avec l'ouverture.

Il y a tout de même un adjudant consciencieux qui a joint un croquis des mystérieux points qu'il avait vus. On y reconnaît aisément Sirius et Orion. Ce qui permet de penser que l'ovni découvert par M. Renkin était vraisemblablement Sirius. Azimut et hauteur correspondent. Le rapport du capitaine Pinson permet de comprendre : à Ramillies, les gendarmes ont observé le triangle Sirius-Procyon-Bételgeuse. A Thorembais-St-Trond, ils ont trouvé le triangle Bellatrix-Zeta du Taureau-Aldébaran (***voir dessin p. 39***).

A Jodoigne-Souveraine, on n'a pas vu de triangle, mais il faut bien obéir aux ordres, alors on récolte dans tous les azimuts. Les positions sont mal indiquées ? Parmi les suspects : Aldébaran, Sirius, Procyon, Spica, Véga. Les gendarmes, qui ont peut-être, dans leur empressement, oublié que la Terre tourne, notent consciencieusement l'effet de mouvement diurne.

A Thorambais-les-Béguines, on s'est contenté d'une minable lumière tremblotante qui pourrait être Spica.

A Jodoigne, entre 1 h et 1 h 30, les témoins étaient tellement suggestionnés — qui ne le serait pas dans cette atmosphère de féerie ? — que n'importe quelle étoile pouvait faire l'affaire pour expliquer les 4 ovnis qui y furent vus. Quant aux mouvements erratiques, Jean-Pierre Petit s'en explique dans son livre déjà mentionné. Il dit, à propos des illusions rétiniennes : « La conclusion logique lorsque vous tentez de fixer une étoile, est que vous verrez de temps en temps le décor voisin s'étendre, et cette étoile "bouger" d'un mouvement erratique. »

Les gendarmes, ignorant qu'ils voyaient des ovnis différents, informaient la gendarmerie de Wavre, qui pendant une demi-heure a renseigné en temps réel le contrôle radar de Glons sur les dernières positions relevées visuellement afin de guider les chasseurs. A Ramillies, on les voit passer deux fois. Trop à l'est. La troisième fois, ils décrivent des cercles au milieu du grand triangle. Alors le baudrier d'Orion disparaît, Procyon et Bételgeuse s'éteignent, Sirius rougit et fait un bond vers le haut. Les étoiles sont susceptibles. Les F-16 de l'armée belge ont fait chou blanc.

Si c'était là son but, l'armée belge peut triompher : elle a la preuve que les ovnis vus par les gendarmes étaient bien extraterrestres. Ils étaient même à pas mal d'années-lumière.

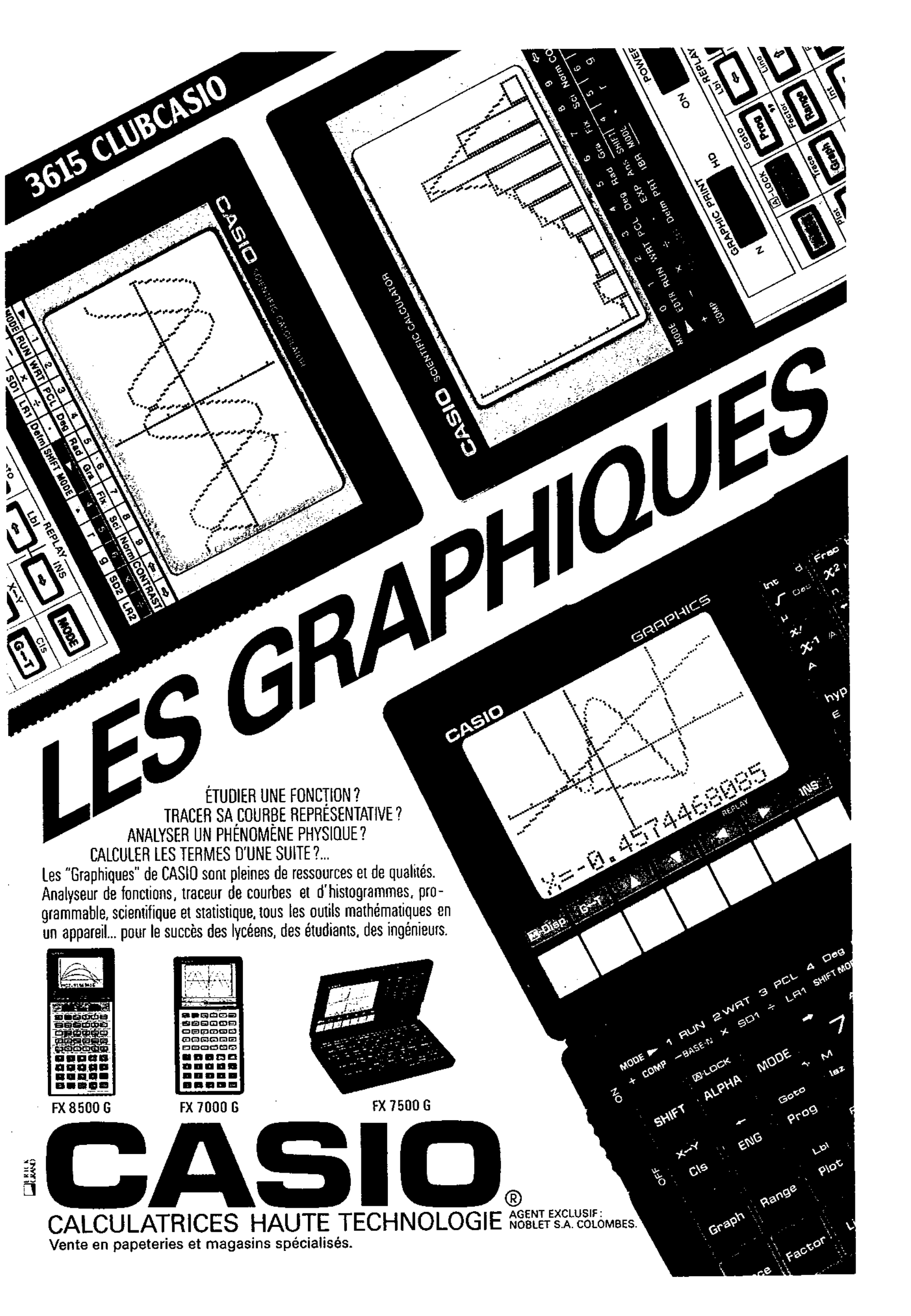
Reste l'ovni qui a trompé les radars. Sa performance n'était pas à la portée des matériels ECM ajoutés sur des avions classiques. Il faut un système informatique performant, capable d'analyser et de synthétiser plusieurs signaux en temps réel. Mais pour un F-117, ça colle : il est équipé d'origine et pourvu d'ordinateurs de modèle récent.

Un seul détail clocherait : l'engin semblait, comme nous l'avons dit, voler à vitesse très réduite. Moins vite encore que ne le prétendait le colonel de Brouwer, puisque le mouvement était illusoire. Encore faut-il ajouter la vitesse du vent, d'environ 100 km/h en altitude, si l'on en croit le rapport. Un nouveau *stealth* serait-il capable d'un tel sur-place ? Personne ne peut répondre.

Il faut donc admettre que, si les ovnis belges sont pilotés par des extraterrestres, leur technologie n'est pas tellement en avance sur la nôtre. En revanche, s'il s'agit d'un engin militaire de l'US Air Force, il est logique que, surpassant le F-117 A, il ne nous soit pas encore connu.

Dominique Caudron

(5) Voir notre article "La guerre des radars", *Science & Vie* nº 715.



3615 CLUBCASIO
LES GRAPHIQUES
ÉTUDIER UNE FONCTION ?
TRACER SA COURBE REPRÉSENTATIVE ?
ANALYSER UN PHÉNOMÈNE PHYSIQUE ?
CALCULER LES TERMES D'UNE SUITE ?...
Les "Graphiques" de CASIO sont pleines de ressources et de qualités. Analyseur de fonctions, traceur de courbes et d'histogrammes, programmable, scientifique et statistique, tous les outils mathématiques en un appareil... pour le succès des lycéens, des étudiants, des ingénieurs.
FX 8500 G
FX 7000 G
FX 7500 G
CASIO®
CALCULATRICES HAUTE TECHNOLOGIE
AGENT EXCLUSIF : NOBLET S.A. COLOMBES.
Vente en papeteries et magasins spécialisés.

Paléontologie

LE PLUS GRAND TUEUR C'EST LE CLIMAT

On s'inquiète beaucoup des espèces vivantes, végétales et animales, qui disparaissent du fait de la civilisation. Mais, pour les paléontologues et les spécialistes du climat ancien, ce ne sont là que broutilles comparés aux massacres impitoyables causés par les variations du climat au cours de l'ère quaternaire.

PAR MARC MENNESSIER

La France contemporaine s'offre ces temps-ci une fenêtre sur la faune du passé. Dans un premier temps, des bisons d'Europe, *Bison bonasus*, importés de Pologne vont être élevés en semi-liberté dans deux parcs (260 et 400 ha) de Margeride, région montagneuse du Massif central (***voir encadré p. 50***). Ce bovidé est, en effet, une relique de la Préhistoire et a bien failli disparaître à jamais, les derniers individus étant très convoités par les chasseurs.

Dans un second temps, les organisateurs de ce projet envisagent de faire venir d'autres espèces préhistoriques : l'antilope saïga, *Saiga tatarica*, cantonnée de nos jours dans les steppes d'Asie centrale, le cheval de Prejwalski, le tarpan, cheval préhistorique lui



Du fond des âges. Découvert le 9 septembre 1977 en URSS, ce petit mammouth a traversé entre 10 000 et 13 000 ans conservé par les glaces.

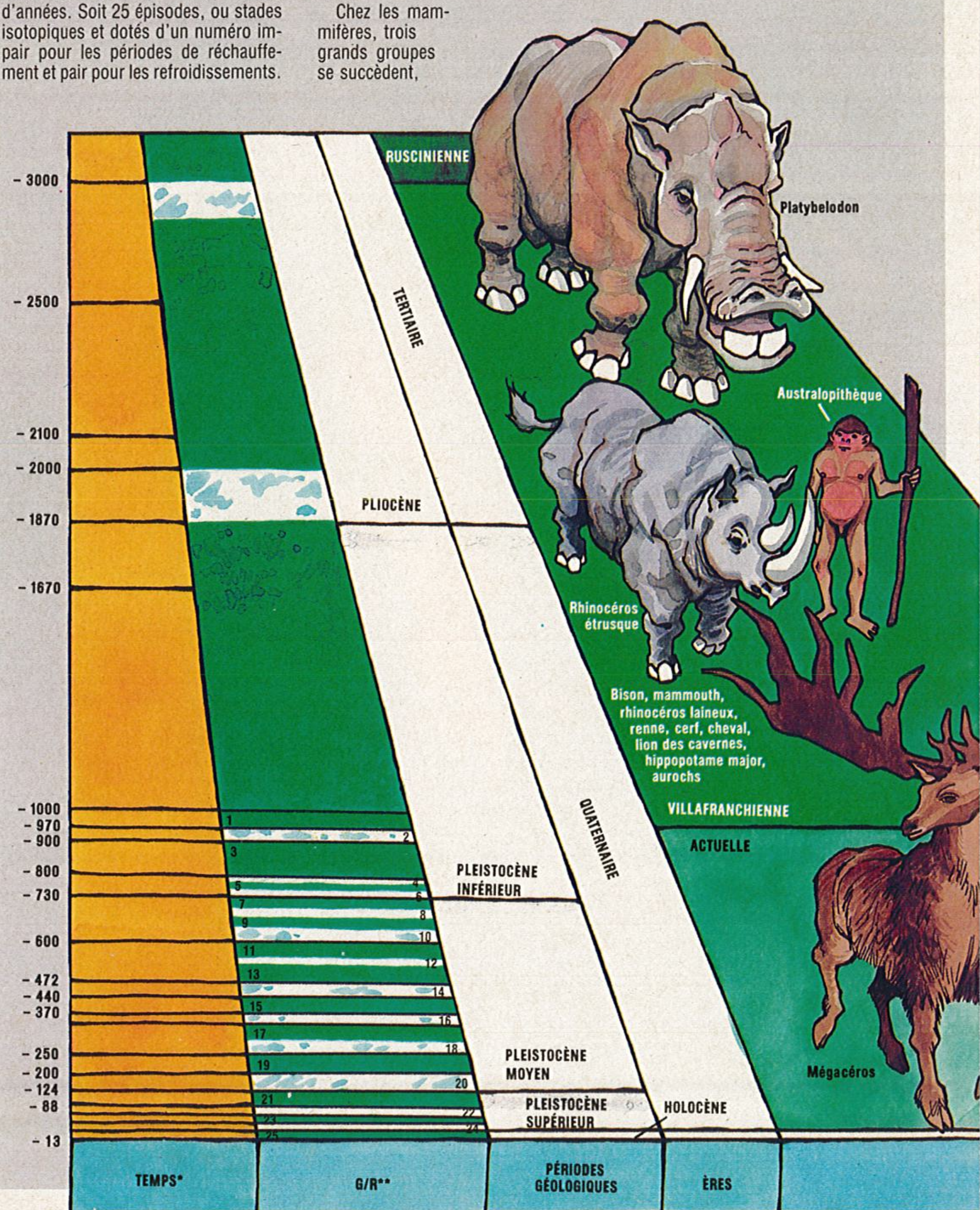


GLACIATION-RÉCHAUFFEMENT : LA CARTE DE L'ALTERNANCE

En Europe, la fin de l'ère tertiaire et surtout le quaternaire se caractérisèrent par des alternances de périodes de glaciation et de réchauffement très marquées. En mesurant le rapport de l'oxygène 18 sur l'oxygène 16 contenus dans les sédiments marins, les paléoclimatologues ont compté que 12 glaciations et 13 périodes interglaciaires chaudes se sont succédé en alternance au cours du dernier million d'années. Soit 25 épisodes, ou stades isotopiques et dotés d'un numéro impair pour les périodes de réchauffement et pair pour les refroidissements. Plus loin dans le temps, les mesures sont moins précises : la hauteur des sédiments marins est trop limitée.

Vera Eisenmann, paléontologue au Muséum d'histoire naturelle, à Paris, a organisé ces données (tableau illustré ci-dessous) et y a incorporé les phases de glaciation de la fin de l'ère tertiaire. Ces hauts et bas climatiques influent sur le milieu, et donc sur la faune.

Chez les mammifères, trois grands groupes se succèdent, parfois en se côtoyant pendant les périodes charnières (3e colonne). La faune dite actuelle se compose d'un grand nombre d'espèces, dont certaines sont encore présentes aujourd'hui, comme le cerf, le bœuf et le sanglier, tandis que d'autres ont disparu lors de la dernière glaciation, il y a 13 000 ans (mammouth, rhinocéros laineux, etc.).



*En milliers d'années avant le présent **Glaciation/réchauffement

aussi, le renne et, ce qui est encore plus étonnant, l'aurochs, *Bos primigenius* — dont le dernier spécimen s'éteignit pourtant en 1628. Mais cet animal imposant, gros comme deux taureaux de combat espagnols, auxquels il ressemble beaucoup, a été "reconstitué" dans les années 1930 par deux généticiens allemands à la demande du IIIe Reich. Ces savants ont croisé différentes races de bœufs primitives, taureau de combat espagnol, taureau camarguais, highland écossais, bœuf de la puzsta hongroise, etc. Ils ont obtenu un produit génétiquement stable et morphologiquement semblable à l'ancêtre commun tel qu'il est représenté sur les gravures et peintures d'époque.

Malheureusement, il semble très douteux qu'on puisse faire revivre les autres grands mammifères du passé, éteints "brutalement" il y entre 10 000 et 13 000 ans (1) : le mammouth, le rhinocéros laineux, le machairodon ou tigre à dents de sabre, le mégaceros, cervidé géant dont les bois atteignaient 2,50 m d'envergure, la hyène des cavernes, et les ancêtres de notre bison d'Europe, *Bison priscus* et *Bison schoetensacki*... Dommage !

Les savants se sont penchés sur les raisons de la disparition d'une grande partie de la faune des régions actuellement tempérées, au cours de l'ère quaternaire. Et force leur a été de constater que, si l'Europe s'était transformée en un vaste cimetière de ces espèces et de bien d'autres, l'Afrique, elle, avait réussi à conserver ses éléphants, ses rhinocéros et ses grands carnassiers, comme le lion ou la panthère, qui vivaient pourtant jadis sous nos latitudes.

La raison en est simple : l'Afrique a été épargnée par les successions de glaciations et de réchauffements qui ont affecté l'Europe. Comme toutes les régions tropicales, elle a bien connu des bouleversements climatiques, mais ils se sont résumés, en fait, à des variations pluviométriques. Ainsi le Sahara fut-il marécageux, comme en témoignent des vestiges de crocodiles qu'on y a retrouvés ; mais ces variations-là étaient moins dommageables pour la flore et la faune que les alternances brutales de chaleur et de froid qui ont touché l'Europe. Le constat est clair : le plus grand tueur d'espèces animales, c'est le climat.

La dernière glaciation, ou würm (du nom d'une rivière et d'un lac de Bavière, ayant servi d'"étalonnage" pour les glaciations alpines), a duré quelque 17 000 ans, de −30 000 à −13 000 BP (BP : *before present*, c'est-à-dire "avant aujourd'hui"). Mais il y eut pis : à partir de 200 000 BP, un froid rigoureux sévit pendant 80 000 ans. A l'apogée du würm, vers 18 000 ans BP (***voir carte 1, p. 48***), de 70 à 80 millions de km³ de glaces recouvraient l'Amérique du Nord et l'Europe septentrionale ; il n'en reste qu'une trentaine de millions aujourd'hui, principalement en Arctique et au Groenland. Les glaciers recouvraient toute la Scandinavie, les deux tiers de la Grande-Bretagne, les trois quarts de l'Irlande, le nord de l'Allemagne, de la Pologne, de l'ensemble des pays baltes et de la Russie. Là où s'élèvent Leningrad et Berlin, ce n'était que glace et le nord de la France était une toundra.

Cette eau gelée sur les continents provenaient des océans par l'intermédiaire des précipitations, en particulier de la neige. La masse formidable prélevée dans l'élément liquide en avait fait baisser le niveau de 120 m. On traversait la Manche à pied sec, et le premier rivage atlantique se trouvait à plus de 100 km de la Bretagne actuelle.

Ce dernier épisode glaciaire, ou pléniglaciaire, est le plus récent et de loin le plus connu. Mais, sur le dernier million d'années qui vient de s'écouler, les paléoclimatologues, spécialistes du climat ancien, ont dénombré douze périodes glaciaires, elles-

Mammouth laineux

Homme de néanderthal

FAUNE

(1) On se repérera plus facilement dans ce lointain passé en se rappelant que cette dernière glaciation marque le début de l'époque géologique actuelle, dite aussi holocène.

mêmes séparées par treize périodes interglaciaires, comparables aux conditions climatiques chaudes actuelles. Ces différentes phases, baptisées stades isotopiques, ont été numérotées de 1 à 25, en commençant par la phase la plus récente (*voir dessin p. 44*). Les numéros impairs correspondent aux phases interglaciaires et les pairs aux pléniglaciaires.



La détermination des phases s'est faite par la mesure du rapport oxygène 18 sur oxygène 16 présents dans le calcaire, ou carbonate de calcium, de la coquille des sédiments marins. On sait, en effet, que le rapport $^{18}O/^{16}O$ d'un carbonate est proportionnel à celui de l'eau dans lequel il précipite, et que la constante de proportionnalité est fonction de la température...

Dès lors, il devient possible, en prélevant dans les fonds marins des carottes de sédiments "sans lacunes", c'est-à-dire sans interruptions, de retracer toute l'histoire des climats anciens. En remontant plus loin dans le temps, sur l'ensemble du quaternaire — dont le début se situe il y a 1,8 million d'années —, les chercheurs ont même pu recenser une vingtaine d'épisodes pléniglaciaires — les douze derniers, rappelons-le, étant seuls à être délimités de façon précise.

Mais, curieusement, si des périodes de glaciation ont également été enregistrées au début et à la fin de l'ère primaire, on ne détecte pas de grandes vagues de froid durant toute l'ère secondaire et la quasi-totalité de l'ère tertiaire. Il y a 70 millions d'années, le climat fut si chaud qu'aucune calotte glaciaire ne pesa sur les pôles. Les palmiers poussaient jusqu'en Alaska ! La décroissance générale des températures que l'on mesure tout au long de l'ère tertiaire reste une énigme. Mais on explique en revanche assez bien les alternances de phases climatiques froides et chaudes du quaternaire. On sait, en effet, que l'angle d'inclinaison de l'axe de la Terre varie au cours du temps. Plus cet angle est ouvert, et moins la lumière solaire arrive vers les pôles. Les changements de la trajectoire elliptique de la Terre autour du Soleil ont aussi une grosse incidence sur le climat. Durant l'ère secondaire, la température globale de la Terre fut cependant trop élevée pour que ces phénomènes pussent être déterminants.

En revanche, dès la fin de l'ère tertiaire, et alors que le contexte général est beaucoup moins chaud, avec notamment la création, il y a 38 millions d'années, d'un courant froid autour de l'Antarctique, des écarts de température de quelques degrés suffisent à engendrer des glaciations. Ainsi, par rapport à la période actuelle qui est un maximum chaud, la température des océans et des continents lors du dernier pléniglaciaire était globalement inférieure de 4°C seulement. Mais avec de fortes variations selon la latitude, puisque l'écart n'est que de 1°C dans les zones tropicales contre 12°C au large de l'Atlantique Nord !

Dès lors, il a suffi, au cours de l'ère tertiaire, que les plaques continentales antarctiques et nord-européennes se rapprochent des pôles pour créer les conditions favorables la formation d'immenses glaciers au cours de l'ère quaternaire.

Comment la faune et la flore ont-elles réagi à de

La mort aux dents. Les herbivores dotés de dents hypsodontes à croissance continue (à gauche), comme le bœuf, le bison ou le cheval, ne craignent pas la silice très abrasive contenue dans les feuilles des graminées dont ils se nourrissent. A ce régime, le cerf ou le tapir aux dents brachyodontes à croissance déterminée (à droite) perdent vite leurs dents. C'est la mésaventure qui est arrivée à certains d'entre eux dans un zoo où on ne leur donnait que du foin à manger. On comprend ainsi pourquoi ces animaux se nourrissent principalement de feuilles d'arbres et d'écorces, plus tendres. Le remplacement d'une forêt par une steppe ou une savane de graminées, suite à un refroidissement, peut donc être fatal aux brachyodontes.



Ni chaud ni froid. Les disparitions d'espèces de mammifères herbivores sont plus imputables aux modifications du milieu induites par les bouleversements climatiques qu'aux températures elles-mêmes. Ainsi, l'antilope saïga (*Saïga tatarica*), qui vit encore aujourd'hui dans les steppes d'Asie centrale supporte sans problème des températures de −40°C en hiver (à droite, avec une épaisse fourrure) et + 40 en été (à gauche). Quant au mégacéros, cervidé à l'imposante ramure de 2,5 m d'envergure, il a disparu lorsque les forêts ont recouvert l'Europe à la faveur du réchauffement survenu il y a 13 000 ans, à la fin de la dernière glaciation. Habitué jusque-là aux espaces ouverts (steppes, toudra), on imagine les difficultés qu'il a dû éprouver pour évoluer dans les taillis et les futaies denses : ce sont ses prédateurs qui ont signé sa disparition, alors que le cerf élaphe, plus petit, vit encore de nos jours. Le mégacéros n'est pas mort de chaud !



tels événements ? Claude Guérin, maître de conférence en géologie à l'université de Lyon-I, recense deux bouleversements comparables de la faune en Europe au cours des 5 derniers millions d'années.

• Le premier se situe à la fin de l'ère tertiaire, il y a 3 millions d'années, lors d'une phase de refroidissement très nette, puisque les études de pollens fossiles montrent que la proportion d'espèces végétales tropicales chuta de 70 à environ 15 %. Avant cette date, l'Europe a subi des conditions climatiques humides et subtropicales, caractérisées par la présence de thuyas et de séquoias. La faune de type ruscinien, baptisée ainsi en raison des nombreux gisements datant de cette époque trouvés dans le Roussillon, autour de Perpignan et de Montpellier, dénote une très nette influence africaine. On trouve, pour l'essentiel, des crocodiles, des oryctéropes (mammifères de l'ordre des édentés), des mastodontes (sorte d'éléphants primitifs), des sangliers proches des potamochères actuels, et enfin des tapirs qui sont, eux, d'origine asiatique. En un temps très bref à l'échelle géologique, c'est-à-dire quelques millénaires, voire quelques siècles, cette faune ruscinienne, à l'exception d'un tapir et de deux mastodontes, s'éteint brutalement. Apparaissent alors les premiers cerfs et sangliers modernes, des rhinocéros ainsi que des ours géants exclusivement carnassiers. De même, la première forme d'équidés monodactyles (*Equus stenonis*) remplace l'hipparion, cousin de l'ancêtre du cheval, doté de membres à trois doigts.

Cette faune, baptisée villafranchienne, du nom du gisement découvert en 1860 à Villafranca d'Astie, près de Turin, en Italie, a de grandes affinités avec celle qui survit aujourd'hui dans le Sud-Est asiatique. Selon Claude Guérin, qui cite l'exemple récent de l'introduction du lapin en Australie, « une espèce peut coloniser un nouveau continent extrêmement vite, alors qu'une disparition est beaucoup plus lente, certaines populations résiduelles pouvant persister à la faveur de microclimats ».

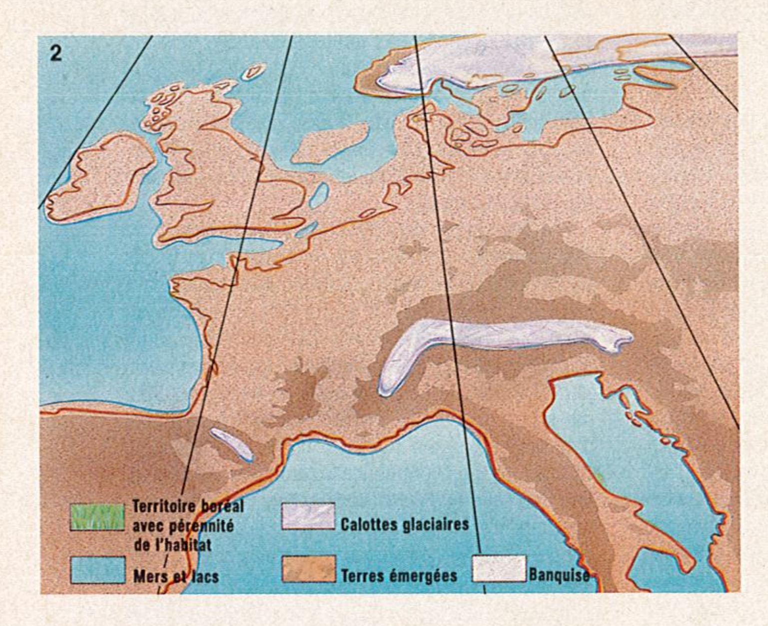
• Il y a un million d'années, cette faune villafranchienne connut à peu près le même sort que la faune ruscinienne deux millions d'années plus tôt. La correspondance avec un événement climatique précis n'a pu être pour l'instant formellement établie, mais, selon Claude Guérin, il s'est certainement produit à cette époque de gros bouleversements d'ordre écologique et donc *a priori* en relation avec le climat.

Les principaux représentants ou ancêtres de la faune actuelle entrent alors en scène. C'est le cas du rhinocéros de Merck, presque aussi gros qu'un éléphant d'Asie, ou d'*Hippopotamus major*, un quart plus gros que l'espèce africaine actuelle qui fréquente les lacs et les étangs. Le genre Leptobos, petit bovidé du villafranchien supérieur, donne naissance aux deux genres actuels Bos et Bison d'où dérivent *Bison bonasus* et *Bos primigenius*. Le machairodon commence à s'éteindre alors que le lion des cavernes (*Panthera spelea*) apparaît. Les sangliers, cerfs et chevreuils sont déjà les mêmes que ceux qui peuplent nos forêts actuelles. Quant aux mastodontes rescapés de l'ère ruscinienne, ils laissent définitivement la place aux mammouths du genre *Mammuthus* et à l'éléphant antique (*Paleoloxodon*), lui aussi disparu.

Curieusement, à part trois espèces pour lesquels le froid est un besoin, comme le bœuf musqué (Ovidos), le renard polaire, l'ours blanc et, dans une moindre mesure, le renne (Rangifer), les mammifères, espèces à sang chaud, s'adaptent en règle générale très bien aux changements de températures, même extrêmes. L'antilope saïga, par exemple, peut

L'Europe sous la glace. Difficile d'imaginer qu'il y a 18 000 ans (**1**) Berlin était sous la glace et qu'à Paris s'étendait la toundra. La Manche était alors à sec et la mer du Nord n'existait pas. 4 000 ans plus tard (**2**), les hommes occupent des territoires, dont les limites sont très proches de ce que nous connaissons.





supporter sans problèmes des canicules de +40°C en été et des froids de −40°C en hiver. Et les hippopotames, espèce que l'on rencontre aujourd'hui uniquement sous les latitudes tropicales, peuvent vivre dans les régions tempérées ou froides tant que l'épaisseur de glace ne les empêche pas de se baigner. Si ce n'était ce besoin absolu de s'immerger pendant de longues heures, ils pourraient en effet endurer des températures très basses. On les rencontre d'ailleurs aujourd'hui sur les hauts plateaux d'Ethiopie, où il ne fait pas toujours chaud, et ils peuplaient, il n'y a pas si longtemps, l'Ecosse et le nord de l'Angleterre. Enfin, le cerf élaphe et le sanglier fréquentent les forêts plutôt que les grandes plaines des régions froides, uniquement parce que leurs pieds ne sont pas faits pour marcher au-delà d'une certaine hauteur de neige.

En fait, les mammifères herbivores sont plus sensibles aux changements dans la composition de la flore dus à un bouleversement climatiques qu'aux variations de températures elles-mêmes. Ils sont de ce fait plus exposés que les espèces carnivores ou omnivores dont les besoins en nourriture sont plus quantitatifs que qualitatifs. Ces derniers prennent en effet ce qui leur tombe sous la dent : cervidés, bovidés, équidés... Ils ne seront affectés que si les perturbations du milieu sont telles que l'ensemble de ces groupes disparaît.

De même, et contrairement à une idée reçue, un réchauffement peut être aussi dommageable pour la faune qu'un refroidissement. Vera Eisenmann, paléontologue au Muséum d'histoire naturelle, à Paris, fait remarquer que le mammouth, le rhinocéros laineux, les ancêtres du bison, etc. ont disparu à la fin de la dernière glaciation et non au début. L'explication est simple. La hausse conjointe des températures et de l'humidité a couvert de forêts des régions où dominait préalablement la steppe et la toundra. Cette modification, d'apparence anodine, a suffi à perturber considérablement des animaux habitués aux grands espaces : avec ses bois de 2,50 m d'envergure, le mégaceros, par exemple, devait éprouver les pires difficultés à évoluer dans des taillis ou des futaies denses. D'où une plus grande vulnérabilité aux attaques des prédateurs. Alors que le cerf élaphe, parfaitement adapté à ce milieu, vit encore de nos jours.

On sait, à l'inverse, que l'apparition d'un climat froid et sec engendre la disparition des forêts et le



A Paris, il y a 18 000 ans.
Aux pires moments de la dernière glaciation, les bœufs musqués (Ovidos) broutaient les rares herbes de la toundra... du nord de la France.

développement de steppes arbustives ou de savanes recouvertes de graminées. Or, les herbivores forestiers, comme le cerf, le chevreuil et le tapir, dont le menu se compose habituellement de feuilles et d'écorce, finissent par perdre leurs dents s'ils sont soumis à un tel régime. L'explication est simple : les graminées se sont dotées au cours de l'évolution de grains de silice extrêmement abrasifs qu'elles emmagasinent dans leurs cellules corticales. Pourvus de molaires à croissance déterminée, de petite taille puisque leur couronne est aussi haute que large, ces herbivores ne sont pas adaptés à ce changement de niche écologique : si la forêt disparaît, ils ont le choix entre l'exil ou... l'extinction pure et simple. Ils sont brachyodontes (leurs dents sont courtes aussi hautes que larges), par opposition aux herbivores hypsodontes (***voir photo p. 46***), comme le bison, le bœuf ou le cheval, dont les molaires, deux ou trois fois plus hautes que longues, poussent aussi vite qu'elles s'usent du fait de leur croissance continue. Ce qui leur permet de mieux s'adapter.

Françoise Delpech, professeur de géologie à l'université de Bordeaux-I, a étudié cette correspondance entre faune et flore, en observant l'évolution de trois groupes d'herbivores ongulés au cours du Pléistocène supérieur en Aquitaine, région où il subsiste de nombreux gisements fossiles. Il s'agit du groupe de milieu ouvert (sans arbres) arctique composé du renne, du bouquetin et du chamois, du groupe de milieu ouvert non arctique (antilope saïga, cheval, bison, aurochs) et du groupe de milieu boisé (cerf, chevreuil, sanglier). Les observations recueillies dans différents gisements ont montré une nette prédominance du premier et du deuxième groupe pendant les épisodes glaciaires et du troisième au cours des interglaciaires. Par ailleurs, cette prédominance était généralement en parfaite correspondance avec les analyses de pollens. De sorte qu'il est possible aussi, avec certaines précautions, d'obtenir des informations sur les paléoclimats en observant la faune fossile.

Autre incidence du climat sur l'évolution des espèces animales, la baisse du niveau des mers lors des glaciations permet à certaines d'entre elles de coloniser de nouvelles terres. D'anciennes îles sont rattachées aux continents, tandis que d'autres deviennent plus accessibles aux animaux nageurs. Vera Eisenmann remarque à ce propos que les restes d'hippopotames, d'éléphants, de cervidés, etc. y sont fréquents, alors que ceux de carnivores ou d'équidés, qui sont de piètres nageurs, sont beaucoup plus rares. Mais dès que le réchauffement intervient, la remontée des eaux maintient ces populations prisonnières. Isolées du continent, elles suivent une évolution génétique différente. C'est ainsi que l'on a retrouvé dans certaines îles méditerranéennes des restes d'hippopotames et d'éléphants nains, mesurant, pour ces derniers, moins

LE GRAND RETOUR DES BISONS EN MARGERIDE

Aux confins de la Lozère, de la Haute-Loire et du Cantal, la Margeride, vaste plateau granitique de 250 000 hectares, se prépare à accueillir d'ici à la fin de l'année 30 bisons d'Europe (Bison bonasus) importés de Pologne. Ce bovidé, longtemps menacé d'extinction — il ne subsiste plus que quelques centaines d'individus à l'état sauvage dans deux forêts polonaises —, semble être maintenant hors de danger, mais une épidémie le décimerait rapidement. La création en Europe de l'Ouest d'un troisième réservoir naturel devrait donc garantir un peu plus la survie de ce bel animal qui peuplait encore la Margeride il y a 2 000 ans.

Ce projet, conçu par une association sous la loi 1901, la Société d'études des bisons d'Europe et de Margeride (SEBEM), regroupe des élus locaux et des scientifiques ; il a été approuvé et financé par l'Etat, les régions et les départements concernés et devrait relancer l'activité dans cette zone durement éprouvée par l'exode agricole. Les animaux seront élevés en semi-liberté dans deux parcs de 260 et 400 hectares, situés près de Sainte-Eulalie et de Ruynes-en-Margeride, destinés respectivement aux touristes et aux scientifiques. En plus des possibilités d'observation directe de ces animaux dans leur milieu natuel, il est en effet prévu de créer au sein du parc touristique une "Maison du bison", à vocation pédagogique. Le parc scientifique accueillera, quant à lui, un musée archéo-zoologique retraçant l'histoire du bison et de la faune préhistorique.

Enfin, si les bisons "naturalisés français" se reproduisent bien, Gilbert Maury, directeur de la SEBEM, envisage d'en remettre en libeité, à plus ou moins long terme, un petit contingent. La Margeride étant une région enclavée peu peuplée et le bison, malgré son allure, un animal craintif fuyant tout signe de présence humaine, cela semble possible. Mais, auparavant, le bison d'Europe doit être reconnu par la Convention de Washington chargée de la protection des espèces animales, sous peine de le voir tomber sous les balles de chasseurs en quête de trophées.

d'un mètre au garrot ! A l'inverse, les animaux habituellement plus petits, comme les rongeurs et les insectivores, ont tendance à devenir plus grands.

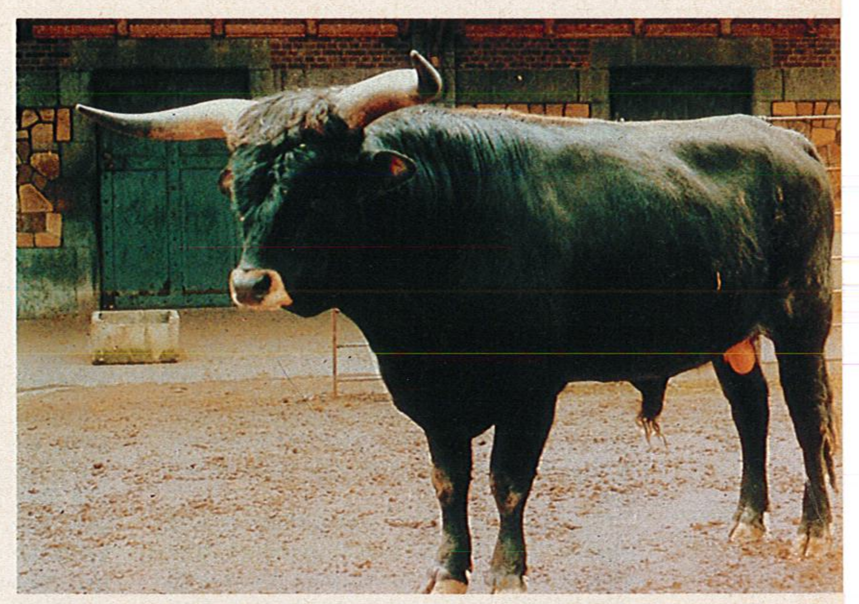
Ces phénomènes peuvent s'expliquer, comme on l'a vu, par la faible densité, voire l'absence de prédateurs. Les animaux comme l'éléphant ou l'hippopotame, dont la taille constitue un bon moyen de défense, n'éprouveraient plus le besoin d'être grands, d'autant que la nourriture étant forcément moins abondante sur les îles que sur les continents, ils auraient avantage à nourrir un corps plus petit. De leur côté, les rongeurs et les insectivores, dont la taille réduite permet, à l'inverse, de mieux se cacher des mêmes prédateurs, se seraient laissés aller à devenir plus grands... Cette théorie n'a encore jamais été démontrée, mais, pour l'instant, il n'existe aucune autre tentative d'explication de phénomènes aussi curieux. Des programmes d'étude sont en projets.

Mais en plus des sautes d'humeur du climat, l'intervention de l'homme, dont la pression démographique s'accroît — déjà ! — à partir de 15 000 ans BP et dont les techniques de chasse se perfectionnent, n'est pas non plus sans incidence sur l'évolution de la faune. Certains auteurs américains lui attribuent même la disparition du mammouth, dont les effectifs dégringolent il est vrai au moment où ceux de l'homme s'envolent. Toutefois, en Europe, et tout au long de la dernière glaciation, les recherches en archéologie ont montré que le contenu des repas humains se composait à 90 % de rennes, évidemment plus faciles à chasser que les mammouths et autres bisons. De ce point de vue, les peintures rupestres, comme celles de Lascaux où figurent de nombreux aurochs, ne sont absolument pas représentatives des habitudes alimentaires de l'époque, puisque ces animaux, redoutables, étaient très faiblement consommés.

Et puis, si l'homme de Lascaux avait décimé le mammouth et le rhinocéros laineux, pourquoi les populations africaines aussi bien armées, et au reste plus nombreuses que celles d'Europe, n'auraient-elles pas exterminé, elles aussi, leurs éléphants et leurs hippopotames ? « En fait, conclut Claude Guérin, l'homme, en tant que chasseur, a commencé à devenir un véritable danger pour le règne animal à partir de l'invention du fusil à cartouche au XIX[e] siècle ! »

Toutefois, l'homme n'intervient pas que comme chasseur. Vera Eisenmann pense que « la sédentarisation, avec le développement de l'élevage et de l'agriculture, a profondément modifié les écosystèmes. En s'appropriant les points d'eau, en déforestant pour implanter ses cultures, l'homme a rendu la vie impossible à certains grands mammifères dont l'espace vital diminuait. Si l'on ajoute à cela les changements climatiques et la chasse, on comprend que certains n'aient pas survécu ».

Reste que si les accidents climatiques et leurs conséquences jouent un rôle considérable, rien n'explique pourquoi, dans certaines situations, des espèces disparaissent alors que d'autres survivent. On peut attribuer ce phénomène au hasard ou à la chance, mais également au "vieillissement" des espèces.



Après 350 ans d'absence, l'aurochs, dont le dernier spécimen s'était éteint au début du XVII[e] siècle, a été "reconstitué" à partir de différentes races de taureaux.

A l'instar des individus, elles seraient, passé un certain âge qui souvent se compte en millions d'années, plus sensibles aux bouleversements extérieurs et aux changements climatiques et perdraient une part de leurs facultés d'adaptation. Encore une hypothèse ! Mais la résolution de sujets aussi complexes, dont la trame se déroule sur des millions d'années en arrière, est loin d'être simple quand on ne dispose plus que d'ossements ou de couches géologiques. La paléontologie est une longue école de patience.

Marc Mennessier

CET ACACIA PEUT SAUVER L'AFRIQUE

C'est en creusant à 35 mètres de profondeur, au pied d'un Acacia albida, à la recherche d'eau, qu'on a découvert des bactéries fixatrices d'azote, véritables usines naturelles d'engrais.

En quarante ans, la production industrielle mondiale d'engrais azotés est passée de 4 millions de tonnes par an (1950) à 100 millions de tonnes (1990). La raison d'une telle augmentation est que l'azote est un élément chimique indispensable à la vie, puisqu'il entre dans la composition des acides aminés, c'est-à-dire les molécules organiques qui constituent les protéines de tous les organismes vivants. Ainsi, chaque année, un champ français absorbe en moyenne 188 kg/ha d'engrais azotés épandus pour les cultures, alors qu'une même superficie de terre africaine en reçoit seulement 4 kg ([1]). Mais la course au rendement agricole qui caractérise les pays industrialisés coûte cher et accentue la disparité économique entre pays riches et pauvres.

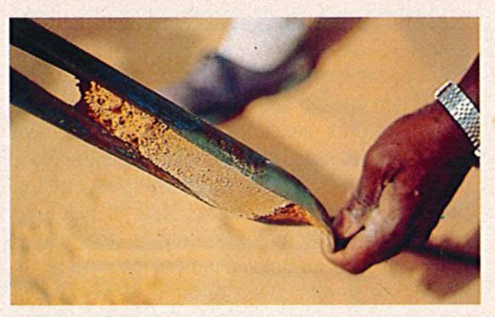
Cependant, ces derniers vont peut-être pouvoir exploiter un phénomène naturel : la fixation biologique de l'azote de l'air par certaines plantes tropicales qui utilisent les services de bactéries du genre rhizobium (***voir encadré p. 54***).

En effet, l'équipe du laboratoire de biotechnologie de l'ORSTOM de Dakar vient de découvrir ces rhizobia à 35 m de profondeur alors que de telles bactéries vivent habituellement dans les deux premiers mètres du sol, en symbiose avec les racines des plantes. A ces faibles profondeurs, elles s'associent à la famille des légumineuses (luzerne, pois, soja, arachide) pour former des excroissances appelées nodules, qui captent l'azote de l'air (N_2) afin de le transformer en ammoniac (NH_3). Sous sa forme ammoniacale, l'azote peut être absorbé par la plante, qui dispose ainsi d'une source d'engrais intarissable, et non polluante, à la différence des nitrates, qui envahissent les nappes phréatiques (voir *Science et Vie* n° 872, p. 72).

C'est en creusant un puits au pied d'un *Acacia albida* à la recherche de la nappe phréatique que les chercheurs ont découvert les fixateurs d'azote ! « Le choix du site de forage n'était pas accidentel, selon Bernard Dreyfus, directeur des recherches, car, durant son jeune âge, les racines de cet acacia sont colonisées par les rhizobia, qui concourent à sa croissance. En revanche, quand l'arbre vieillit, les racines descendent dans le sol à la recherche d'eau, et, pensait-on, cessent leur collaboration avec les bactéries. »

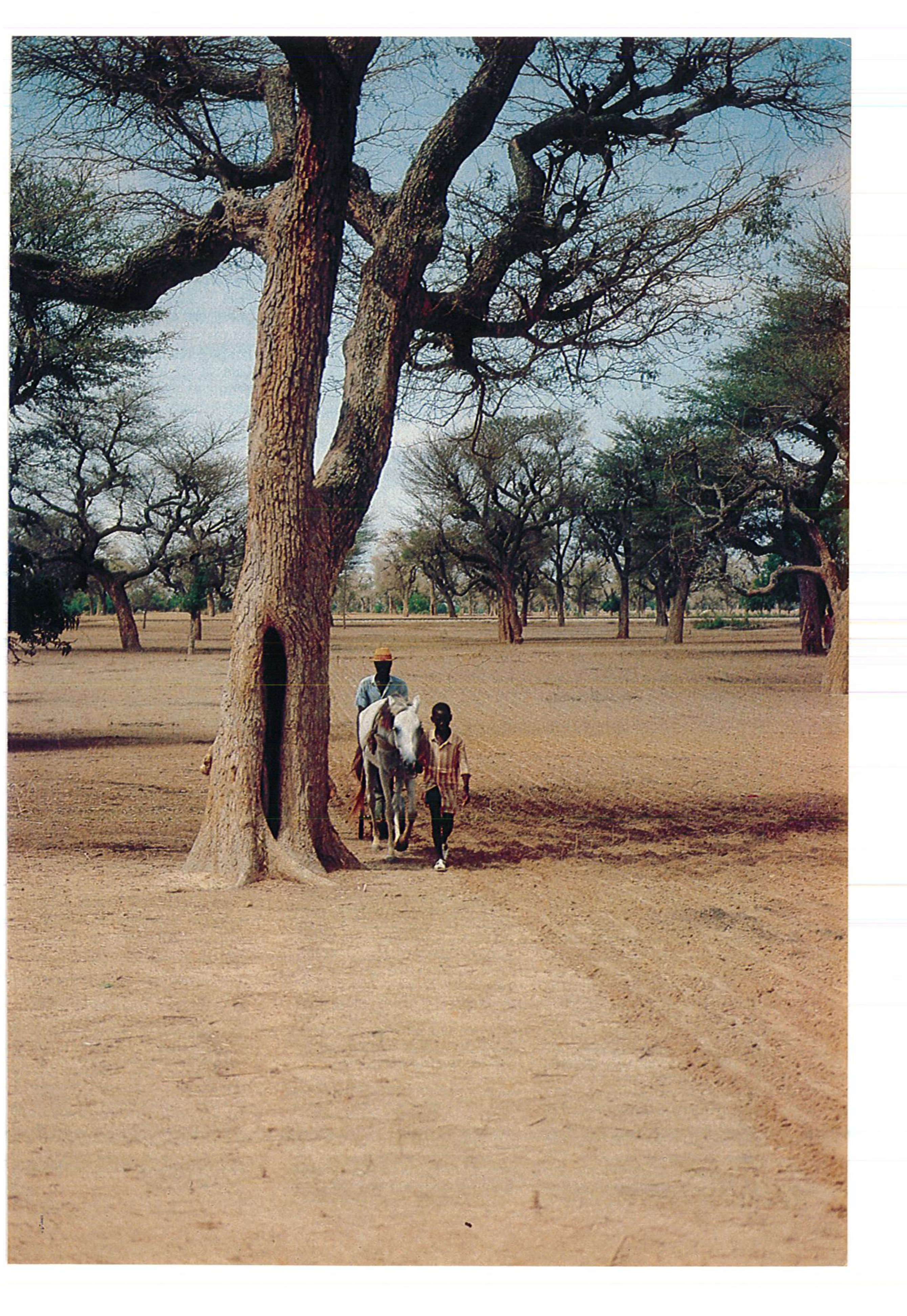
Des analyses agronomiques des sols sous *Acacia albida* avaient révélé depuis longtemps de grandes quantités d'azote, sans que la présence de cet élément minéral puisse être clairement expliquée. De là à ce qu'il y ait des rhizobia...

Près d'une semaine fut nécessaire avant d'atteindre la nappe. A chaque niveau, des carottes de sol furent prélevées pour servir de substrats à de jeunes plants d'acacia cultivés en laboratoire (***voir photo ci-contre***). Dix jours après la mise en culture, les premiers nodules apparaissaient sur les racines des plantules ; la symbiose racines-bactéries prouvait donc que les rhizobia vivaient à de grandes profondeurs (35 mètres au maximum). « Ces bactéries sont des bradyrhizobia à croissance lente, dont l'espèce n'est pas encore déterminée, comme d'ailleurs bon



Terre fertile. Cet échantillon a permis de faire la preuve que les rhizobia vivent en profondeur et peuvent augmenter les cultures africaines.

PAR DIDIER DUBRANA



nombre de rhizobia tropicaux», nous précise Dreyfus.

Cette découverte va permettre désormais d'augmenter les médiocres rendements de l'agriculture sahélienne en intensifiant la culture des *Acacia albida* : une plantation de mil sous un tel arbre fait plus que tripler les rendements protéiques de la plante. Par exemple, une culture de mil classique fournit 52,2 kg de protéines par hectare, tandis qu'une culture de mil sous couvert d'acacia permet d'en récolter 179 kg. En effet, l'arbre enrichit non seulement le sol en azote par ses racines, mais favorise la croissance des plantes grâce aux six autres éléments minéraux que contiennent les feuilles mortes : le calcium, le potassium, le magnésium, le sodium, le phosphore et le soufre. Bref, de l'engrais vert tombant du ciel. L'arbre présente un atout supplémentaire : il est le seul au monde à perdre ses feuilles à la saison des pluies, tandis qu'il se couvre de vert à la saison sèche. Ainsi, l'apport d'éléments minéraux coïncide avec le début des semis (saison des pluies), tandis que l'ombrage crée, en période sèche, un "microclimat" qui protège les cultures sous-jacentes. Le résultat est un abaissement de la température ambiante, ce qui diminue de moitié les pertes d'eau par évaporation au niveau du sol (***voir dessin p. 56***).

D'illustres botanistes se sont passionnés pour comprendre cette "anomalie" de la nature ... sans succès. Dans les années 1950, Aubreville suppose, pour expliquer ce rythme phénologique (2), que l'acacia est natif de l'hémisphère Sud et qu'il en a donc conservé le rythme saisonnier (puisque les rythmes saisonniers des deux hémisphères sont inversés). De nos jours, on évoque plutôt un contrôle génétique du phénomène, qui reste à définir. L'acacia conserve donc son secret.

Les populations locales lui témoignent beaucoup de respect : chez les cultivateurs Fur du Soudan, la loi interdit d'abattre les

(1) Un excellent document pédagogique intitué l'*Histoire des nitrates* vient d'être publié par la division de chimie des laboratoires Merck-Clavenot. Les auteurs retracent, en 57 pages illustrées de 31 transparents, tout ce qu'il est important de connaître sur le cycle de l'azote : ses avantages et ses risques pour l'environnement. A la fin du document figure également une série d'exercices permettant de vérifier ses connaissances sur le sujet. on peut se le procurer en écrivant au laboratoire Merck-Clavenot, 5 à 9 rue Anquetil, BP N° 8 F, 94731 Nogent-sur-Marne Cedex.

(2) Branche de la météorologie qui étudie les variations que les divers climats font subir à la feuillaison des arbres.

LES BACTÉRIES AU TRAVAIL...

Pour fixer l'azote de l'air (N_2), la bactérie possède l'enzyme nécessaire, la nitrogénase, qui est formée de deux sous-unités protéiques. La plante, elle, fournit à la bactérie l'énergie nécessaire à la réaction de fixation.

Cette symbiose plante-rhizobium (**voir dessin page ci-contre**) commence dès la photosynthèse, lorsque le gaz carbonique fixé par la plante est transformé en sucre en utilisant l'énergie lumineuse. Ces glucides sont transportés par la sève jusqu'au nodule via le phloème (vaisseau conducteur de la sève), où la bactérie les utilisent pour synthétiser l'adénosine triphosphate (ATP), "carburant" brûlé par la réaction de fixation d'azote. Chaque molécule d'ATP ainsi synthétisée consomme également de l'oxygène qui pénètre donc dans la bactérie. Mais à forte concentration, l'oxygène bloque le fonctionnement de la nitrogénase. Un dilemme résolu par une autre protéine qu'héberge la plante : la leghémoglobine. Cette dernière règle l'entrée d'O_2 à l'intérieur de la bactérie pour assurer le bon fonctionnement de la nitrogénase.

Résultat : l'azote fixé par la nitrogénase est transformé en ammoniac (NH_3). Celui-ci est immédiatement utilisé pour la synthèse des acides aminés de la plante. Cette usine chimique miniature est tellement active que sa production dépasse les propres besoins de la plante, qui transpire le surplus par ses racines et enrichit ainsi le sol en azote (l'un des dix éléments indispensables à la vie des plantes).

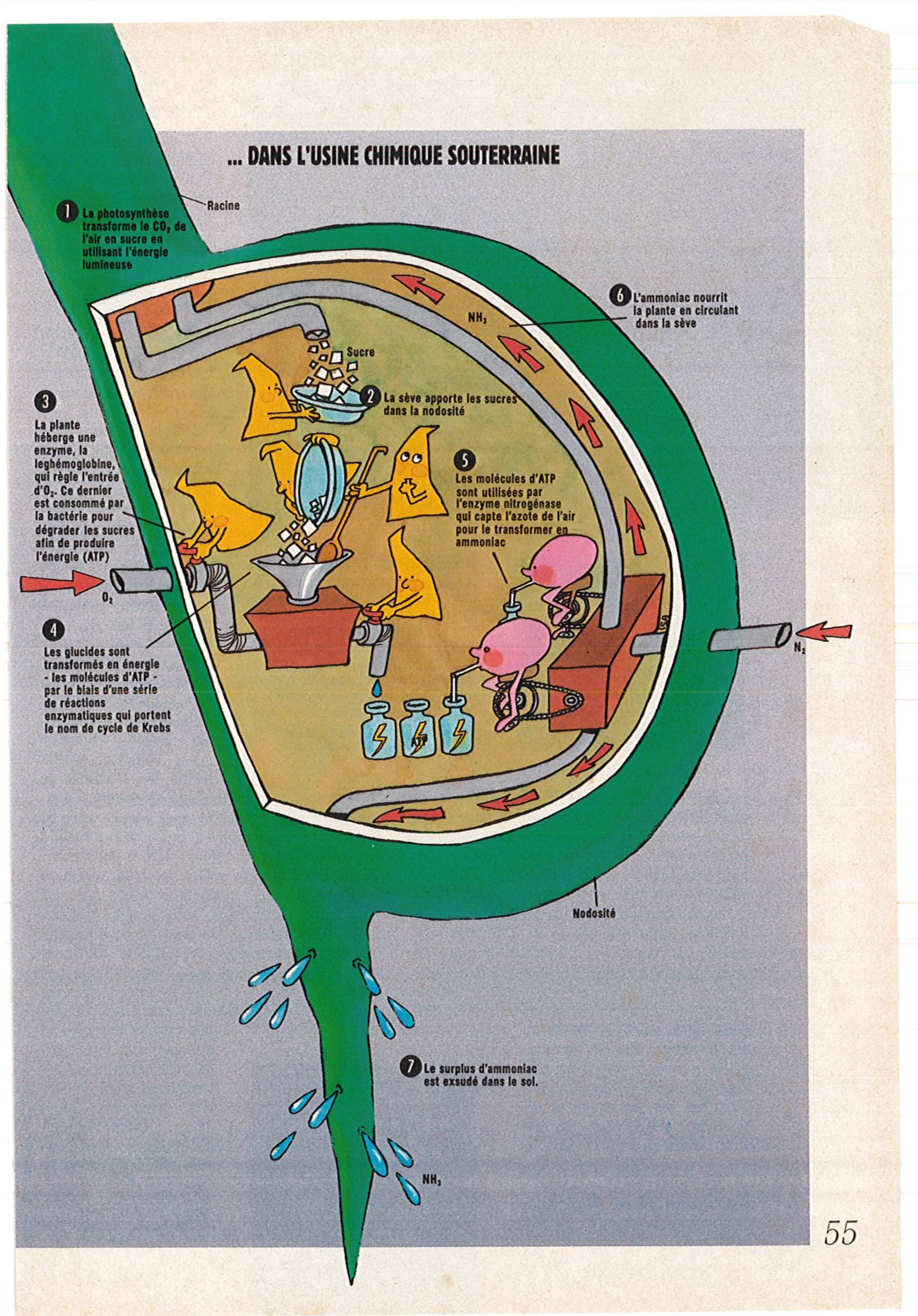
Voilà cent ans (1) que la découverte de la fixation de l'azote de l'air par les plantes monopolise les chercheurs, qui tentent d'en améliorer le mécanisme naturel. Dans les années 1970 on a cru pouvoir transférer facilement les gènes dit "nif", qui contrôlent la synthèse de l'enzyme nitrogénase — donc la fixation d'azote — à d'autres plantes que les légumineuses, comme les graminées. En 1972, on avait réussi à transférer ces gènes "nif" d'une espèce de bactérie à une autre (de *Klebsiella pneumoniae* à *Escherichia coli*), créant ainsi une nouvelle gamme de bactéries fixatrices d'azote. Cependant, les mécanismes réglant ces gènes se sont révélés plus complexes que prévu.

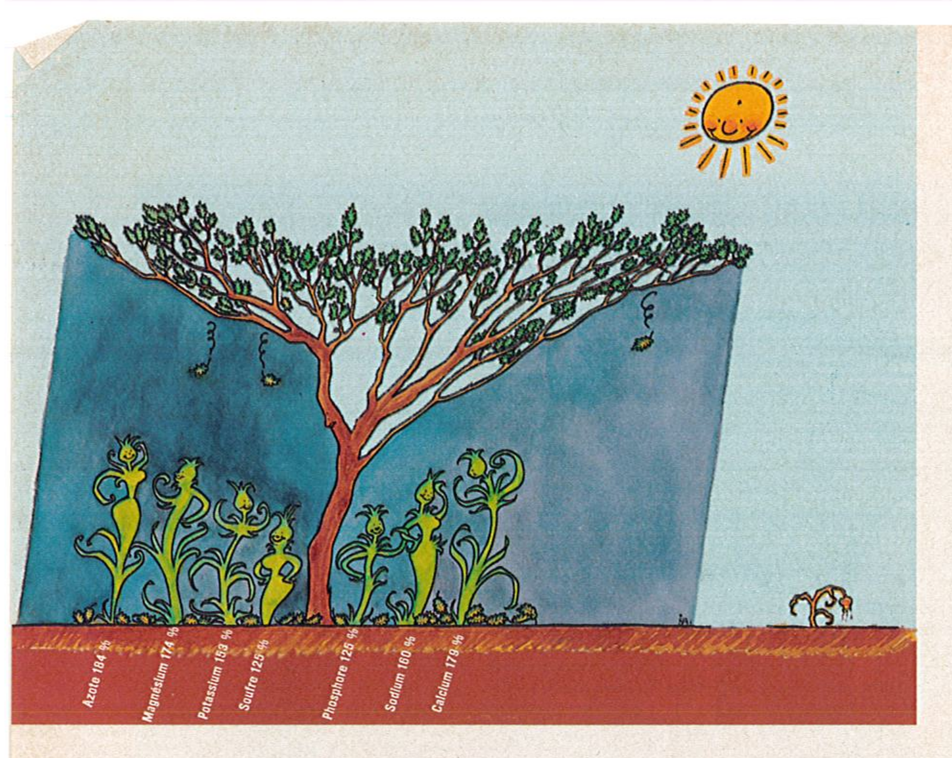
Parallèlement, un grand pas vient d'être franchi dans la compréhension des interactions biologiques dans l'association de la plante et des bactéries au moment de la formation des nodules. Plusieurs laboratoires viennent de démontrer que c'est la plante qui prend l'initiative. Dans un premier temps, elle sécrète par ses racines des substances chimiques, les flavonoïdes, qui attirent les *rhizobia* vers elle. Alors que les *rhizobia* nagent dans ce liquide des racines, la concentration des flavonoïdes augmente considérablement. Deux laboratoires du CNRS et de l'INRA de Toulouse ont montré que ces flavonoïdes déclenchent alors chez la bactérie la sécrétion d'une autre substance chimique : un oligosaccharide ou NodRm-1 (2) (*Nature*, 344, 781, 1190). Ce signal bactérien provoque la transformation morphologique des racines (comme la déformation des poils racinaires) qui laissent pénétrer les bactéries dans leurs cellules, d'où les nodosités : l'usine chimique est en place.

L'équipe de Toulouse a déposé un brevet pour commercialiser la NodRm-1. La substance pourrait être utilisée pour favoriser la culture des légumineuses (soja, arachide, pois) en imprégnant les graines d'une infime quantité d'oligosaccharide. Cette même équipe projette de définir les signaux chimiques chez de nombreuses *rhizobia* infectant les plantes tropicales. En collaboration avec l'ORSTOM de Dakar, elle recherche un tel signal chez la légumineuse tropicale, *Sesbania rostrata* (**voir p. 56**.)

(1) Un Français, Boussingault, démontra en 1838, que les légumineuses pouvaient assimiler l'azote de l'air. Un demi-siècle plus tard les Allemands Hellriegel et Wilfarth établirent que la fixation de l'azote se faisait sur les nodosités.

(2) Un oligosaccharide sulfaté baptisé NodRm-1, car sa synthèse est contrôlée par le gène Nod de la bactérie qui dirige l'ensemble du processus de nodulation.


... DANS L'USINE CHIMIQUE SOUTERRAINE
Racine
1 La photosynthèse transforme le CO_2 de l'air en sucre en utilisant l'énergie lumineuse
6 L'ammoniac nourrit la plante en circulant dans la sève
NH_3
Sucre
2 La sève apporte les sucres dans la nodosité
3 La plante héberge une enzyme, la leghémoglobine, qui règle l'entrée d'O_2. Ce dernier est consommé par la bactérie pour dégrader les sucres afin de produire l'énergie (ATP)
5 Les molécules d'ATP sont utilisées par l'enzyme nitrogénase qui capte l'azote de l'air pour le transformer en ammoniac
O_2
N_2
4 Les glucides sont transformés en énergie - les molécules d'ATP - par le biais d'une série de réactions enzymatiques qui portent le nom de cycle de Krebs
ATP
Nodosité
7 Le surplus d'ammoniac est exsudé dans le sol.
NH_3





A l'ombre de l'acacia, les cultures céréalières profitent des éléments minéraux contenus dans les feuilles de l'arbre tombées au sol. Ainsi, par rapport aux teneurs mesurées dans la région, les quantités d'azote et de calcium sont presque doublées et le phosphore augmente d'un quart. Résultat, la valeur nuqtritive de la litière est équivalente à celle d'une forêt tropicale humide, alors que cet arbre ne pousse que dans les régions désertiques de l'Afrique.

acacias (3). Au Niger, dès 1860, le sultan Taminoun avait décrété que celui qui coupait cet arbre aurait la tête tranchée et celui qui en sectionnerait les branches aurait le bras coupé. Les agronomes pourront donc compter sur la participation active des villageois dans leurs programmes de plantation.

Mais l'*Acacia albida* a d'autres concurrents : à la Réunion, découverte par le Pr Yves Dommergues (4), la *Casuarina canninghamiana*. Cet arbre, également tropical, fixe aussi l'azote de l'air à l'aide de nodules, situés, eux, sur le tronc et non sur les racines comme à l'accoutumée. Et une petite plante de la famille des légumineuses découverte en 1979, au Sénégal, la *Sesbania rostrata*, qui possède des nodules accrochés ainsi aux tiges. Elle est, depuis sa découverte, cultivée dans les rizières qu'elle enrichit en azote, comme l'est en France la luzerne, autre légumineuse, pour amender les champs de blé. Un mois avant le semis, les paysans plantent les sesbania, les nodules se gorgent d'azote ; la plante est alors coupée, puis enterrée, ce qui revient à épandre de 200 à 300 kg/ha d'azote. Le rendement des rizières en est doublé.

Mais la singularité de la casuarina est de ne pas appartenir à la famille des légumineuses (elle appartient à celle des casuarinacées), alors qu'on pensait jusqu'ici que seules les plantes de ce groupe avaient des nodules.

Les forêts tropicales n'ont pas fini de livrer leurs richesses ; on n'en voit que mieux l'intérêt de les conserver. Les casuarina seraient aussi performantes que les sesbania, d'après Dommergues. Cependant, le problème de la maîtrise de la nodulation aérienne s'oppose encore à l'exploitation de cet arbre à grande échelle. Lorsque cette étape sera franchie et qu'on saura obtenir à volonté des arbres porteurs de tels nodules aériens, on disposera « d'un matériel végétal à haute productivité, utilisable à la fois dans des plantations industrielles, dans le cadre d'opération de restauration des sols, ou de nouveaux systèmes agro-forestiers », affirme Dommergues. En effet, comme pour l'*Acacia albida*, la chute des feuilles enrichit le sol en éléments minéraux. Les chercheurs pensent sélectionner des variétés capables de s'adapter aux terres arides, car cet arbre vit actuellement dans les forêts tropicales humides. **Didier Dubrana**




Un concurrent de l'acacia, la casuarina, dont les nodules aériens fixent aussi l'azote.

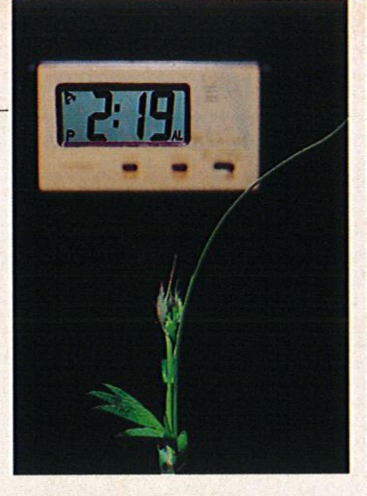
(3) Une monographie sur l'*Acacia albida* vient d'être publiée par le CIRA (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement).

(4) Laboratoire ORSTOM/CTFT-CIRAD de Nogent-sur-Marne.



Botanique

COMMENT LE HARICOT TROUVE SA RAME





A tâtons, les plantes grimpantes trouvent toujours le tuteur qui les mènera vers la lumière. Comment font-elles ? Une liane du Chili pourrait livrer ce secret.

PAR PIERRE ROSSION

Si l'on pouvait attribuer un quotient intellectuel aux végétaux, les plantes grimpantes viendraient en tête. Et ce prix d'"intelligence" se doublerait d'un prix de gymnastique. Trop grêles pour s'élever par leurs propres moyens, ces plantes sont obligées de s'aider d'un tuteur (pieu, fil de fer, fissure, rocher, voire une autre plante), qui leur fait office de tronc, pour se hisser, avec des contorsions d'équilibriste et beaucoup de "matière grise" vers la lumière du Soleil, indispensable à leur vie.

Charles Darwin, le premier, s'y intéressa. Il leur consacra même un livre, publié en 1875, *The Movements and Habits of Climbing Plants*. Le grand naturaliste anglais concluait que ces espèces étaient devenues grimpantes pour bénéficier de l'énergie lumineuse du Soleil, tout en dépensant très peu d'énergie par rapport aux arbres, qui doivent alimenter et supporter un tronc et de lourdes branches.

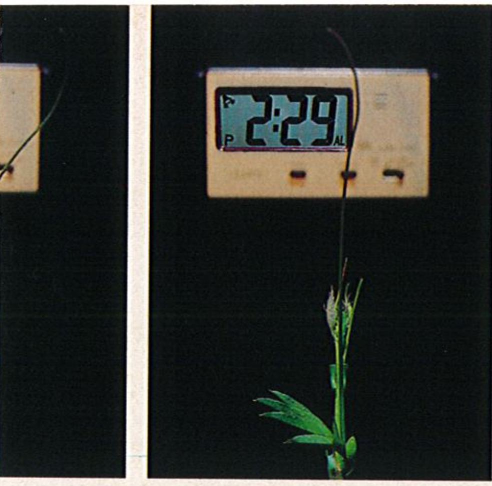
Leurs prouesses étonnent et évoquent pour les botanistes la notion d'intelligence végétale. Pareils exploits ressortissent à la stratégie et à la tactique.

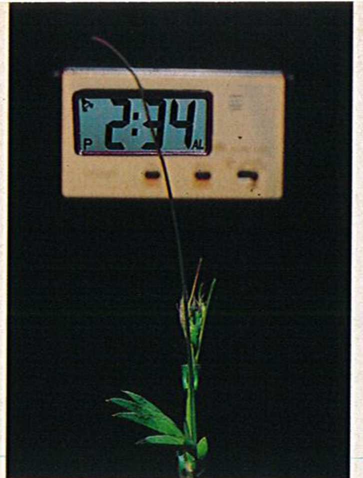
- Stratégie d'abord : pour explorer et conquérir l'espace, en tenant compte de la nature du terrain, des éventuels obstacles et de la position du Soleil.
- Tactique ensuite : pour trouver le moyen le plus efficace de se fixer au support, sans aide extérieure.

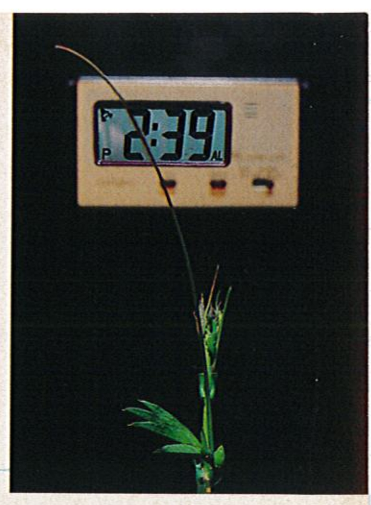
Ceux de nos lecteurs qui auront planché sur les nœuds marins, au cours d'un stage de voile ou de leur service dans la "Royale", seront très surpris d'apprendre qu'une plante grimpante comme la passiflore utilise des variantes du nœud de vache, de chaise simple, de gueule de raie, de drisse anglaise ou de cul de porc, simple ou double pour se fixer sur les supports. Passionné par ce sujet, M. Jacques Pétrel, de Nice, s'est d'ailleurs amusé à en faire l'inventaire.

D'où l'intérêt des botanistes ! Depuis longtemps, ils avaient remarqué que, dans les endroits pluvieux ou enneigés, où soufflent vents et tempêtes, les arbres sont plus ramassés, avec tronc court et massif, que leurs homologues de milieux moins hostiles. Ils avaient aussi constaté que les graines provenant d'arbres qui poussent dans un milieu exposé aux intempéries produisent, lorsqu'elles sont semées dans un milieu climatique plus favorable, des plants plus grands et plus forts que leurs parents.

C'est seulement au début des années 1970 qu'on a compris que cette adaptation des plantes au milieu est déclenchée par simple contact. Car rien que le fait de toucher une plante, notamment pour la mesurer, altère son développement de manière irréversible. Ce phénomène, que les biologistes appellent thigmomorphogenèse, concernerait environ les trois quarts des espèces végétales. Il vient d'être expliqué par Ron Davis et sa collègue Janet Braam, du département de biochimie de l'université Stanford, en Californie. Les deux chercheurs étudiaient l'action d'une hormone végétale sur *Arabidopsis thaliana*, une plante commune de la famille des crucifères (dont font partie, entre autres, le chou, le navet, le cresson). Soupçonnant que cette hormone déclenchait l'expression de certains gènes de la plante, ils ont mesuré cette expression ; c'est-à-dire qu'ils ont dosé la quantité d'acide ribonucléique messager (ARNm) synthétisé par chacun des gènes en question (on sait que l'expression d'un gène se traduit par une synthèse d'ARNm, premier pas vers le but final de cette expression, qui est la fabrication d'une protéine spécifique du gène qui s'exprime). Ils dénombrèrent quatre types d'ARNm diffé-







PREMIER CONTACT

Vrilles

En s'allongeant, la vrille de bryone, à la recherche d'un support, entre en contact avec la tige d'une autre plante et son extrémité s'y enroule immédiatement.

14 HEURES PLUS TARD

La partie médiane de la vrille commence à s'enrouler légèrement.

Le bout de la vrille, solidement agrippé, a poussé autour de la tige de la plante.

Les autres vrilles s'allongent encore à la recherche de leur support.

24 HEURES PLUS TARD

Prochain groupe de vrilles.

Une fois en ressort, la vrille se contracte et attire la bryone vers son support.

Une nouvelle vrille prend contact avec le support.

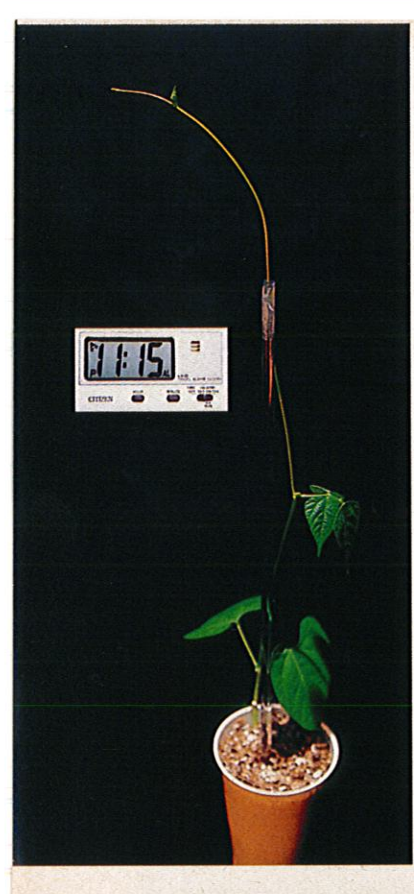
48 HEURES PLUS TARD

La vrille est étroitement enroulée : si le vent souffle, elle se détendra sans se casser.

A chaque plante sa technique. Les plantes à vrilles... émettent des tentacules pour enserrer le tuteur le plus proche. Ainsi, prises à la cadence d'une toutes les cinq minutes, les photos ci-dessus enregistrent les mouvements d'exploration et de fixation à un tuteur d'une passiflore. L'extrémité de la vrille est animée d'un mouvement pendulaire, qui décrit une ellipse très aplatie (un tour en une heure environ), dont l'amplitude augmente avec la croissance de la vrille. Lorsqu'elle finit par rencontrer le tuteur, elle s'y accroche, selon un système de nœuds très sophistiqués. Simultanément, la vrille se tord sur elle-même pour renforcer la solidité du montage. Sur les photos ci-contre, les différentes phases d'accrochage d'une vrille de bryone...

rents, et en mesurèrent des quantités cent fois plus importantes que chez des Arabidopsis témoins, qui n'avaient pas été vaporisées à l'hormone. Mais, à leur grande surprise, ils constatèrent que ces ARNm étaient synthétisés en aussi grande quantité chez d'autres Arabidopsis témoins, vaporisées, elles, avec de l'eau pure uniquement. Ce n'était donc pas l'hormone, mais bien le seul contact du liquide avec la plante qui était responsable de l'expression des quatre gènes spécifiques.

Par la suite, les chercheurs de Stanford ont montré que l'un de ces quatre gènes code pour la calmoduline, et que les trois autres gènes codent d'autres protéines, apparentées à cette dernière. Or, la calmoduline, protéine de taille relativement petite (148 acides aminés agencés en forme d'haltère), a pour propriété de se lier sélective-



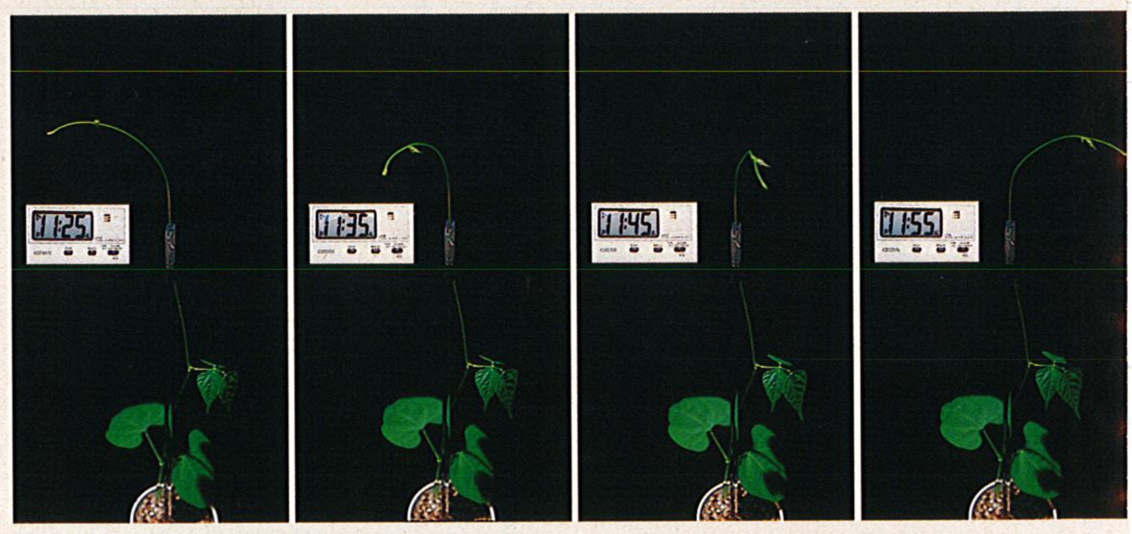
...Les plantes volubiles

enroulent leur tige autour du tuteur. Ainsi, des clichés de haricot, pris toutes les dix minutes, montrent que, au fur et à mesure que la tige croît, son extrémité balaie l'espace en décrivant des cercles (un tour en une heure et demie environ) dans le sens contraire des aiguilles d'une montre et donc que la tige toute entière décrit un cône. Si on plantait alors un tuteur à une trentaine de centimètres de la plante, on pourrait voir, lorsque l'extrémité de la tige passe à proximité, celle-ci se diriger vers le tuteur. Et la tige finirait alors par s'enrouler autour — toujours dans le sens contraire des aiguilles d'une montre. Ces expériences ont été réalisées dans les conditions optimales de croissance c'est-à-dire dans une salle dont la température était maintenue au voisinage de 25°C et l'humidité de l'atmosphère comprise entre 80 et 90 %.

vante : le mouvement des feuilles, sous l'action de contraintes physiques (pluie, vent), modifie le potentiel électrique des membranes cellulaires et de ce fait modifie les flux de calcium de part et d'autre de ces membranes. Or, comme la disponibilité en calcium contrôle à son tour l'expression du gène de la calmoduline et des trois gènes apparentés, on comprend que, sous l'action de stimuli extérieurs, la plante puisse modifier son plan de croissance, comme un navigateur modifie la surface de ses voiles, en fonction des conditions climatiques.

Chez les plantes grimpantes les choses sont cependant plus compliquées, car leur croissance se fait en deux temps : d'une part la recherche d'un support, de l'autre la fixation à ce support. Seuls les mécanismes mis en jeu dans le deuxième temps peuvent s'expliquer par les travaux de Braam et Davis. En revanche, les mécanismes du premier temps relèvent encore de l'hypothèse.

Les seules équipes au monde à s'occuper du mouvement des plantes grimpantes sont françaises et elles sont au nombre de deux. Il s'agit de l'équipe de Lucien Baillaud, professeur de botanique à l'université de Clermont-Ferrand, et de celle de Bernard Millet, professeur de biologie végétale à la faculté



ment au calcium. Inversement, le calcium a pour rôle de contrôler, par rétroaction, l'expression du gène de la calmoduline et des trois autres gènes qui lui sont proches.

La calmoduline se rencontre chez toutes les cellules végétales et animales et sans doute aussi chez certains microbes ; elle intervient dans tous les mécanismes cellulaires mettant en jeu du calcium, en particulier dans la multiplication cellulaire.

Les quatre gènes interviennent dans la formation (morphogenèse) des végétaux de la manière sui-

des sciences de Besançon, tous deux anciens élèves du Pr Antonin Tronchet, le premier en France à s'intéresser, après la guerre, aux mouvements des plantes.

D'après les manuels de botanique, ces plantes appartiennent à une dizaine de familles végétales et comprennent deux grands groupes : les plantes volubiles et les plantes à vrilles.

• Les volubiles enroulent leur tige sur un support vertical. Ce sont, entre autres, le haricot (famille des légumineuses), l'igname (dioscoréacées), le

houblon (cannabinacées), le liseron (convolvulacées), la cuscute (cuscutacées), la glycine (papilionacées).

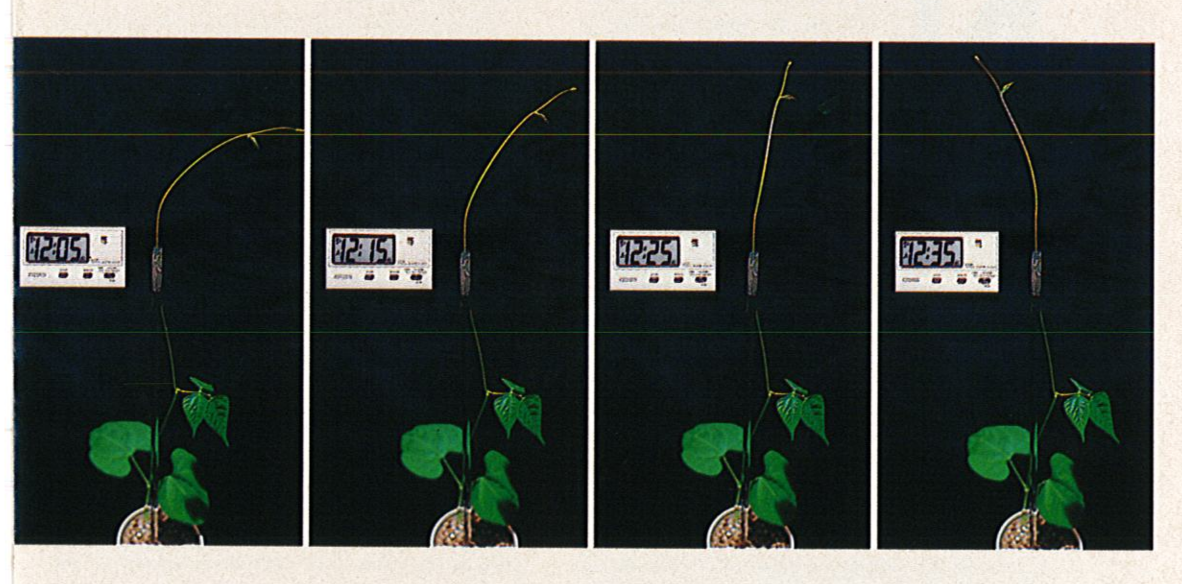
• Les plantes à vrilles, elles, portent aux extrémités des tiges ou des feuilles de fins serpentins, les vrilles donc, sensibles au moindre contact avec un obstacle ; ce sont notamment la passiflore (passifloracées), le pois (légumineuses), la courge ou la bryone (cucurbitacées), la vigne (vitacées).

Après avoir examiné maintes espèces de plantes grimpantes, Tronchet d'abord, ses élèves ensuite sont arrivés à la conclusion que les mouvements d'exploration des plantes grimpantes vers le tuteur étaient rythmiques : l'extrémité de la tige des volubiles décrit des ronds (un tour en une heure trente environ) en direction du tuteur, jusqu'au moment où elle s'y accroche et s'entoure autour de lui. Chez le haricot ces mouvements sont dans le sens contraire des aiguilles d'une montre, chez le houblon dans le sens inverse, et cette orientation n'est pas affectée par le changement d'hémisphère. En revanche, l'extrémité des vrilles décrit des ellipses très aplaties (chaque tour en une heure environ), tantôt lévogyres (tournant à gauche), tantôt dextrogyres (à droite), en direction du tuteur où elles finissent par se nouer. Plus curieux encore : si on change le tuteur de place, on remarque que le mouvement de balancier se déplace, lui aussi, en direction du support.

Le moteur de ces mouvements d'exploration ? Si on examine, en coupe et à la loupe binoculaire, une tige ou une vrille, qui ont *grosso modo* la forme d'un tube cylindrique, on remarque qu'une moitié du cylindre est plus bombée que l'autre. Nos chercheurs ont établi que cette dissymétrie était due à une différence de pression osmotique entre les deux moitiés du cylindre. Ils ont montré aussi que cette différence de pression osmotique se propageait, de proche en proche, le long de la tige et de la vrille, et qu'elle était suivie d'un changement d'orientation de leur courbure.

Cela n'explique cependant pas le déterminisme du tropisme de la plante vers le tuteur. En d'autres termes, on ne sait pas encore de façon certaine comment une plante reconnaît la présence d'un tuteur et ce qui l'attire vers celui-ci. Selon une hypothèse envisagée, le mécanisme pourrait s'expliquer par des phénomènes électrostatiques entre les plantes et les tuteurs. Pour le vérifier, les chercheurs envisagent de faire des expériences avec différents types de tuteurs, les uns chargés négativement, les autres positivement, les uns chauds, les autres froids, les uns blancs, les autres noirs, les uns conducteurs de l'électricité, les autres non, afin de voir comment les plantes grimpantes réagiront à leur égard.

Les mouvements de fixation des plantes grimpantes au support, en revanche, sont dus aux mêmes mécanismes génétiques que ceux décrits par Davis et Braam chez Arabidopsis. Selon que le support est gros ou petit, rond ou carré, en pierre ou en bois, horizontal ou vertical, la plante grimpante sait s'adapter et trouver le meilleur moyen de s'attacher à lui.



Enfin, la présence de petites papilles sur les vrilles d'*Eccremocarpus scaber*, une liane originaire du Chili et faisant partie de la famille des bignoniacées, ne cessent d'intriguer les chercheurs. Ces petites papilles, qui sont des organes sensibles aux excitations de choc et de frottement, interviennent dans la fixation au tuteur. Elles pourraient aussi intervenir dans sa reconnaissance à distance, auquel cas elles joueraient le rôle de radar.

Pierre Rossion

Neurobiologie

LES CHIENS DE DROGUE PASSENT LEUR VIE À JOUER

20 % de toute la drogue saisie par les 20 000 douaniers le sont grâce à une centaine de chiens. Chercher des stupéfiants est pour eux un jeu auquel ils se livrent pour faire plaisir à leurs maîtres, dont jamais ils ne sont séparés.

PAR GÉRARD MORICE

Nil est un douanier comme un autre. Il effectue ses trente-neuf heures de service par semaine — et souvent plus. Sauf que sa spécialité est la recherche de la drogue et qu'en la matière c'est le champion. 600 fois en dix ans il a détecté de la drogue, ce qui a permis d'en saisir plus de 3,5 tonnes, dont 700 kg en une seule prise à Sète. Aucune cache imaginée par les trafiquants n'échappe à son flair : il a trouvé 32 boulettes de résine de cannabis dissimulées dans autant d'oignons évidés, puis reconstitués et mélangés dans un panier à de vrais oignons ! De 1988 à 1990, 100 chiens ont permis d'effectuer 500 saisies et d'interpeller 800 suspects. Ils ont détecté 7 tonnes de drogues, soit 20 % des saisies réalisées par les 20 000 douaniers de France.

Nil, labrador noir, est un agent de l'Etat pour la recherche des stupéfiants. Son "coéquipier" est le douanier Guichou. Nil vient d'être « admis à faire valoir ses droits à la retraite ». Mais il restera chez son maître : les couples maître-chien ne sont jamais cassés, même lorsque l'animal est réformé et, s'il est malade, il sera soigné, en aucun cas piqué. A 11 ans, Nil est un peu fatigué, moins performant, il a des problèmes cardiaques et articulaires. C'est que le métier de chien de drogue est excessivement éprouvant : il s'effectue le plus souvent à hauteur des pots d'échappement et dans le bruit des voitures et des camions ; il exige de sauter pour inspecter les chargements de fret et les caches qui pourraient se trouver en partie haute des camions. Mais surtout, lorsqu'il travaille, l'animal fournit une concentration intense, il se mobilise entièrement, il fait donner à fond toutes ses capacités olfactives, mais aussi intellectuelles.

Une anecdote montre à quel point il est intégralement monopolisé par sa mission. Mme Mehl, douanier maître-chien en poste à Mulhouse, sort un matin Balou, le caniche avec lequel elle fait équipe. Simplement pour lui permettre de satisfaire ses besoins naturels. Balou renifle les odeurs environnantes et lève la patte. Soudain, il file vers une voiture en stationnement et en gratte la portière. Il s'agite pour attirer l'attention de sa maîtresse et lui signifier que cette voiture est "anormale". De fait, le véhicule mis sous surveillance et son propriétaire arrêté, on démonta la voiture : elle était bourrée de cannabis. Balou avait donc passé outre à ses fonctions naturelles au bénéfice de son métier. Le service avant tout.

Toujours en alerte, les chiens de drogue ne sont toutefois pleinement efficaces qu'environ quatre heures par jour, par périodes successives de quinze à vingt minutes. Et ils sont rarement efficaces plus de sept ans. Ils meurent aussi plus tôt que leurs congénères civils : il est rare qu'ils dépassent l'âge de dix ans.

Peut-être sont-ils aussi plus heureux que nombre de leurs semblables. Toute leur vie, ils vont jouer ; la technique de dressage est entièrement fondée sur le jeu : trouver la drogue cachée. Et sur l'amour : le chien trouve pour faire plaisir à son maître. Les responsables du centre cynophile de l'Ecole nationale des brigades de douane, à La Rochelle, disent qu'il n'y a pratiquement pas de mauvais chiens, mais seulement de mauvais maîtres.

Berger, braque, labrador, pointer, épagneul, cocker, caniche : les douanes enrôlent toutes les

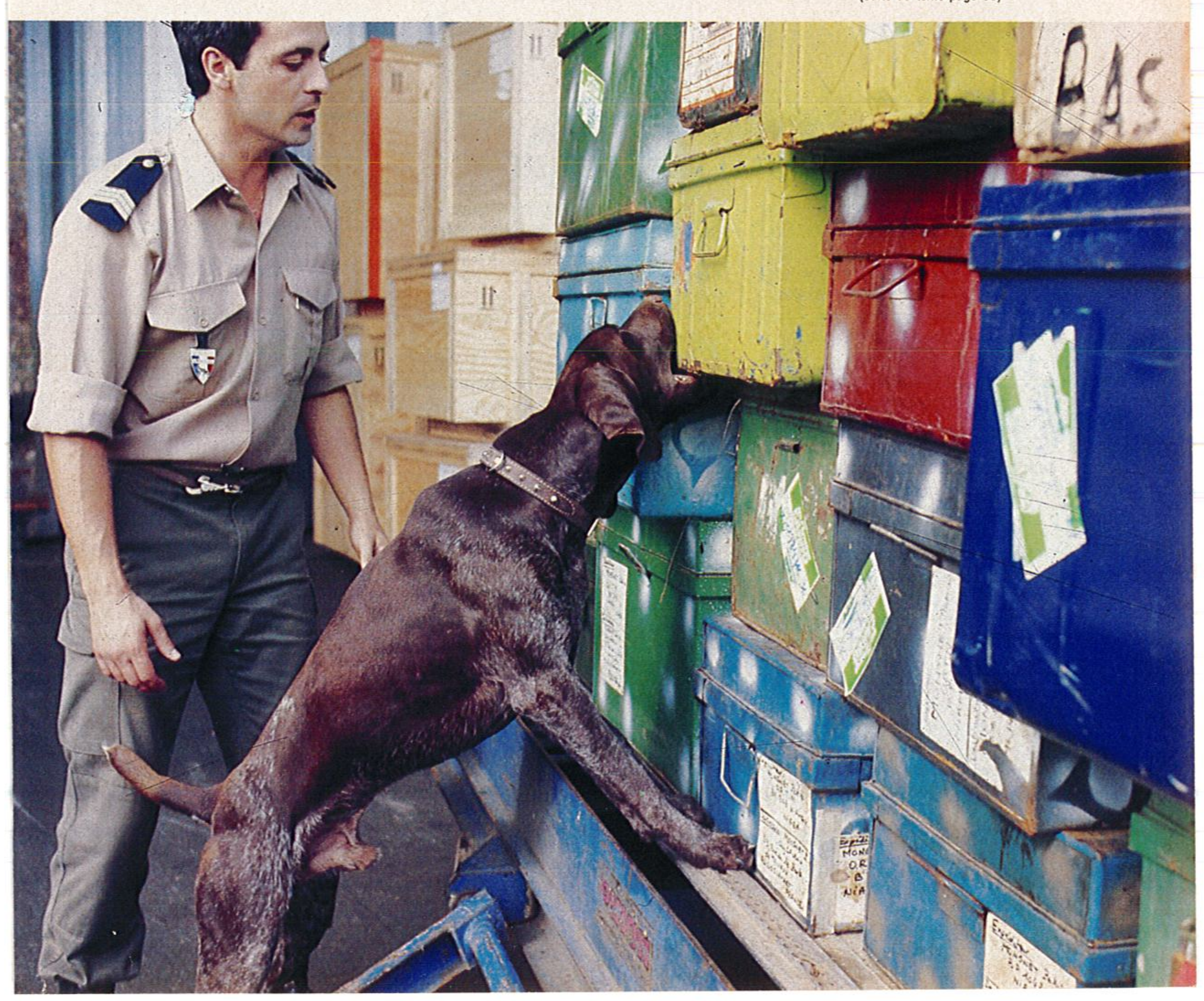
races. Chacune a ses avantages : un caniche se faufile mieux qu'un gros berger allemand et on y prête moins attention. Il en est un qui travaille dans un des grands aéroports de la région parisienne. Sa maîtresse, en civil, a l'air d'une touriste. Le chien, libre, se promène autour des tapis roulants qui convoient les bagages à l'arrivée. Si on y prête attention, on peut s'en amuser, pas s'en méfier. Pourtant, lorsque le chien détecte un bagage d'où émanent ces odeurs de stupéfiants qu'on lui a appris à signaler, il l'indique par son excitation. Il suffit alors de saisir ce bagage et de le fouiller. Nombre de trafiquants ont ainsi été pris en flagrant délit.

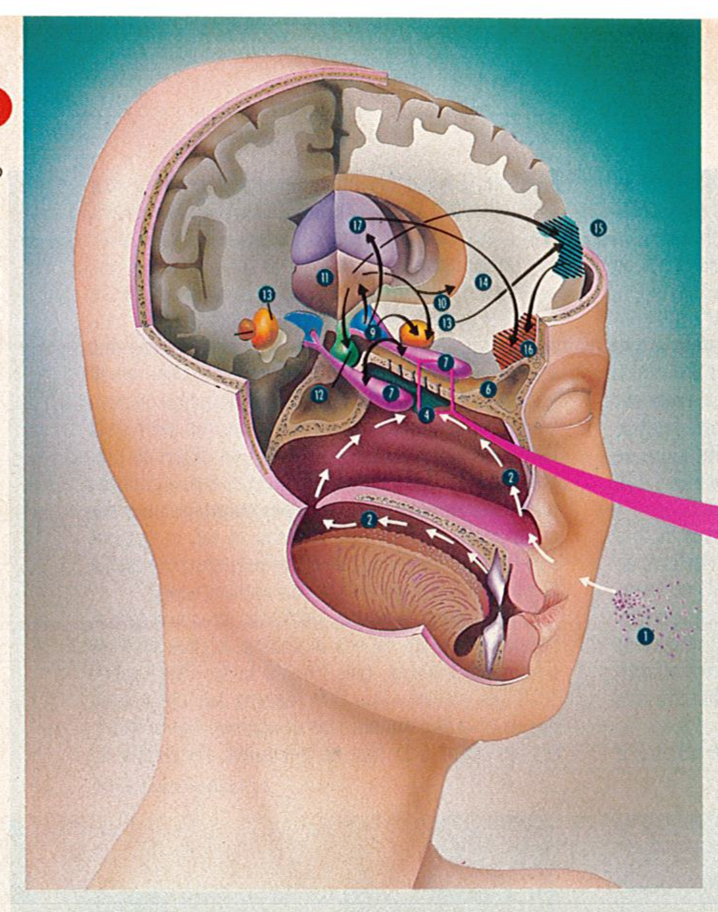
Ce qui fait le bon chien douanier, c'est la qualité de son flair — un chien présente une surface de muqueuses de 150 cm² (l'homme de 5 cm²) comportant de 180 à 220 millions de cellules réceptrices (l'homme seulement 5 millions). Et c'est comment mobiliser non seulement toute sa puissance olfactive, mais aussi tous ses sens sur la recherche des odeurs qu'on lui enseigne.

Les chiens formés par la douane sont achetés à l'âge de 3 mois (et immédiatement remis à leur maître) soit à l'armée, pour les bergers allemands, soit à des éleveurs privés. L'administration a avec ces derniers un contrat tacite d'échange si les animaux se révélaient rebelles à tout apprentissage, ce qui n'est qu'exceptionnellement le cas ; lorsque cela se produit, c'est à cause du maître huit fois sur dix. Avec ces éleveurs, la douane essaie de créer des lignées génétiques. L'expérience est toutefois encore trop récente pour savoir si le fils d'un champion de la détection sera lui-même un très bon chien de drogue. On sait déjà qu'un candidat doit être équilibré ; ni agressif envers les hommes ni hargneux pour ses congénères ; il doit être curieux et vif, et surtout avoir le goût du jeu de façon à se montrer possessif à l'égard du jouet qui sert à son apprentissage.

Il doit, somme toute, posséder un caractère à l'opposé de celui de ces molosses, le plus souvent d'humbles bâtards, qui, jusqu'à la fin des années 1950 (ils étaient alors 200 répartis sur l'ensemble des frontières), ont aidé les douaniers. Ces auxiliaires servaient à la fois de guetteurs, de chiens de

(suite du texte page 66)





CHEZ LE CHIEN COMME CHEZ L'HOMME, C'EST LE CERVEAU QUI SENT LES ODEURS

Le processus neurobiologique de l'olfaction chez le chien est le même que chez l'homme, à quelques détails près dans la structure des tissus nerveux — dont nous soulignerons l'importance un peu plus loin — qui font toute la différence et donnent à la gent canine une acuité olfactive largement supérieure à la nôtre. Résultat : un chien reconnaît une odeur à des concentrations de 1 000 à plusieurs millions de fois plus faibles que nous (**courbes p. 66**) selon les produits. En revanche, l'homme apprend plus facilement que le chien, et il reconnaît donc un catalogue d'odeurs plus vaste. Quel est ce processus ? En voici un bref résumé fondé sur les conclusion des travaux les plus récents :

A. Réception. Les particules odorantes (**1**) traversent les cavités nasale ou buccale (**2**) et vont se fixer aux récepteurs répartis sur les cils (**3**) qui terminent les cellules neuroréceptrices côté épithélium olfactif (**4**), lequel occupe 2 ou 3 cm² au sommet des fosses nasales. Première différence : la surface de cet épithélium est 30 fois plus grande chez le chien.

B. Transmission. Les axones de ces cellules neuroréceptrices (**5**) traversent la lame criblée de l'ethmoïde (**6**) pour aller dans le bulbe olfactif (**7**) faire synapse (c'est-à-dire transmettre leur information) avec les extrémités dendritiques des cellules mitrales (autre type de cellules nerveuses), formant de denses buissons synaptiques appelés glomérules (**8**).

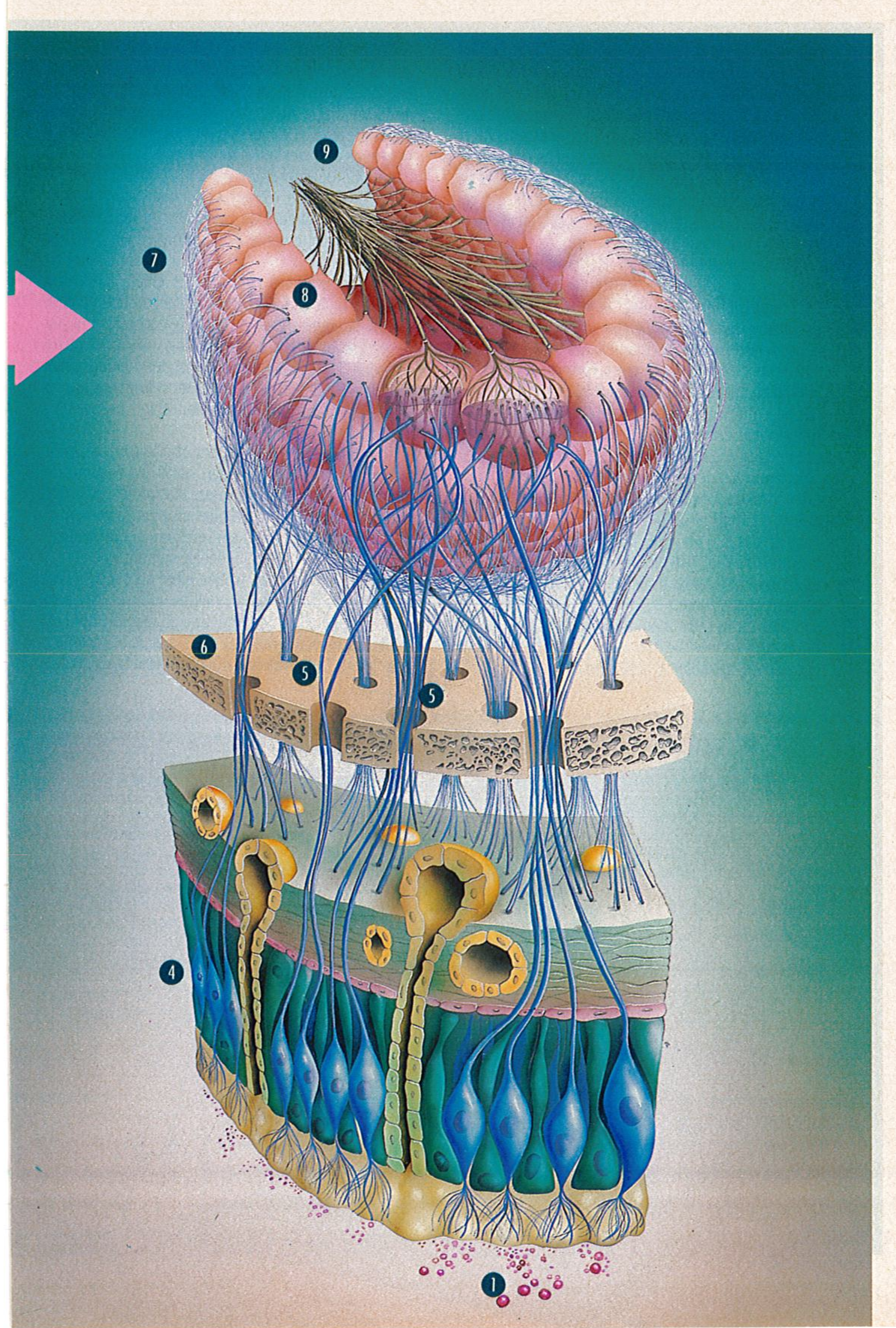
C. Codage. Dans le bulbe, les millions d'axones de neurorécepteurs se répartissent sur les glomérules : l'information olfactive reprise par les cellules mitrales est ainsi concentrée et sa définition fortement améliorée. Comme cela s'est produit pour les



neurorécepteurs de l'épithélium, à chaque odeur correspondra l'excitation d'une combinaison différente de glomérules, qui formeront, sur la paroi du bulbe un motif spécifique, sorte d'empreinte digitale de l'odeur en question. Deuxième différence : chez l'homme, le nombre de connexions entre les glomérules est beaucoup plus important, ce qui lui permet de différencier beaucoup plus d'odeurs que le chien.

D. Perception. De chacun des deux bulbes, l'information olfactive (**9**) passe au bulbe opposé, créant ainsi un relief permettant de mieux localiser la source de l'odeur. Et de chaque bulbe, les cellules mitrales (**9'**), après une boucle de régulation impliquant encore d'autres cellules nerveuses, transmettent cette "image" codée de l'odeur au cortex piriforme (**10**), qui fait office de relais d'où l'information est envoyée dans trois directions :

- vers l'hypothalamus (**11**). Ce chef d'orchestre du milieu intérieur gère les processus vitaux de l'organisme (thermorégulation, nutrition, reproduction, plaisir, etc.) en commandant la sécrétion par l'hypophyse (**12**) d'une palette variée d'hormones qui déclenchent, accélèrent, ralentissent, ou arrêtent ces divers processus. C'est dans l'hypothalamus, notre centre du plaisir, que l'odeur acquiert son étiquette "bonne" ou "mauvaise". C'est là aussi qu'elle déclenchera, par exemple, la sensation de faim.
- Vers l'amygdale (**13**), puis l'hippocampe (**14**) et de là au cortex temporal. Ce trio forme le complexe temporal (**15**), siège de la mémoire. L'information olfactive y est mémorisée et en même temps comparée aux informations déjà stockées pour être reconnue ; c'est là qu'elle reçoit l'étiquette "odeur de camphre", par exemple.
- Vers le cortex sus-orbitaire (**16**), via le thalamus (**17**). Là nous prenons conscience de sentir une odeur. Et comme c'est aussi à ce cortex qu'aboutissent les étiquettages "bonne" ou "mauvaise" ainsi que "odeur de camphre", c'est également là que ces notions deviennent conscientes. Le cortex sus-orbitaire est une partie du néocortex frontal, notre cerveau pensant, qui analyse, compare avec les autres informations sensorielles, réfléchit, décide consciemment, en s'aidant lui aussi d'indications puisées dans la mémoire. C'est par lui, par exemple, que vous décidez, en dépit de votre ventre affamé, d'attendre l'heure du déjeuner, ou encore de manger, avec le sourire, un plat que vous n'aimez pas.


9
7
8
6
5
5
4
1

patrouille et de détecteurs de tabac ; ils prêtaient main-forte à leurs maîtres au cours d'arrestations parfois mouvementées. Ils devaient pister et attaquer leurs congénères harnachés et chargés de ballots de tabac et utilisés par les contrebandiers comme moyen de transport. Les chiens de douane étaient lâchés sur des parcours qu'ils connaissaient et qui n'étaient pas censés être surveillés par les douaniers, mais ils devaient tout aussi bien attaquer les contrebandiers eux-mêmes.

Ces cerbères ont disparu et les chiens n'ont à nouveau été utilisés par la douane qu'à partir de 1977, à titre expérimental, devant la formidable expansion du trafic de drogue et à l'exemple de ce qui se faisait avec succès aux Etats-Unis et en Allemagne de l'Ouest. La première équipe cynophile de la douane a ainsi été formée en Allemagne et elle a fait ses preuves pendant trois ans à l'aéroport de Roissy-Charles-De-Gaulle ; quelques autres équipes ont ensuite été formées par la Gendarmerie nationale, enfin les douanes se sont dotées de leur propre centre de formation, pour répondre à la spécificité et à l'ampleur de leurs besoins.

Le dressage d'un chien de stupéfiants commence lorsque l'animal est adulte et stabilisé, soit à 12 mois. Le chien aura toujours été nourri du même aliment, des croquettes, afin de ne pas "éparpiller" son flair ni lui faire mémoriser des odeurs alimentaires trop variées. Le bon chien de drogue doit être capable de travailler à côté d'un bifteck...

Quatre semaines sont consacrées à l'obéissance et à la maîtrise de l'animal pendant lesquelles il est entraîné sportivement : il ne doit, en effet, pas plus craindre d'être hissé sur un treuil largué par un hélicoptère que de marcher sur une tôle métallique bruyante et basculante, de sauter à l'arrière d'une camionnette empestant l'essence, ou sur une vedette garde-côtes vibrant et oscillant sur une mer houleuse, ou encore de remonter un tapis roulant porte-bagages, comme ceux qu'on trouve dans les aéroports.

Les six semaines suivantes, le chien apprend à détecter la drogue. Cela se fait avec un simple chiffon solidement tressé et ligaturé, confectionné par le maître et qui a séjourné dans un bocal ayant contenu des feuilles de cannabis, drogue dégageant l'odeur la plus forte. Il en est donc nettement imprégné. Le maître doit rendre son chien possessif à l'égard de ce jouet.

Il lui apprend à le chercher et à le trouver, en le cachant de plus en plus loin, dans des endroits de plus en plus invraisemblables, dissimulés et enfermés, sollicitant donc de plus en plus fortement le flair de son chien. Il lui apprend, en même temps, à gratter, à aboyer lorsqu'il décèle sa présence et qu'il ne peut l'attraper. On trouve ainsi au centre cynophile de La Rochelle des vieilles voitures, des valises, des pneus, des conteneurs, un camion, etc., qui constituent des centaines de caches possibles pour les "jouets". On y trouve même un vrai tapis roulant

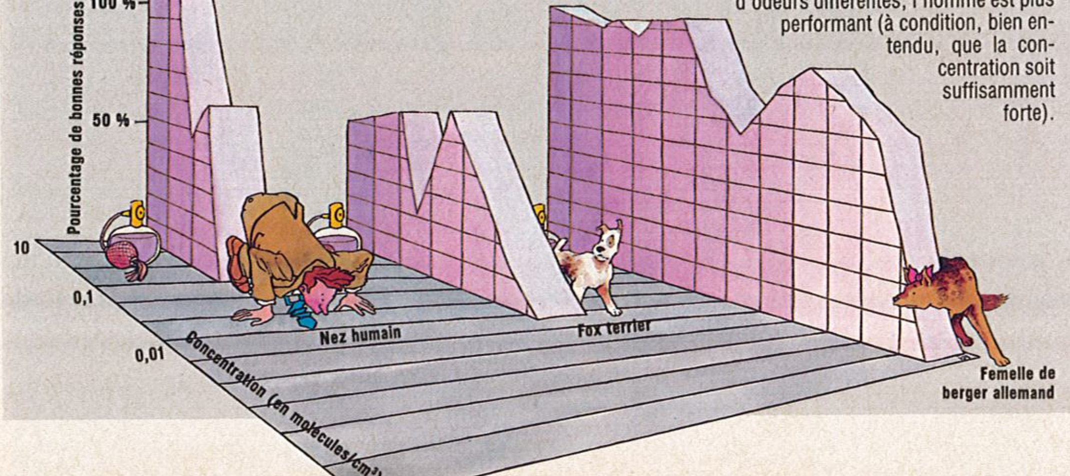
LE CHIEN : UN "NEZ" INFINIMENT PLUS FIN QUE LE NÔTRE

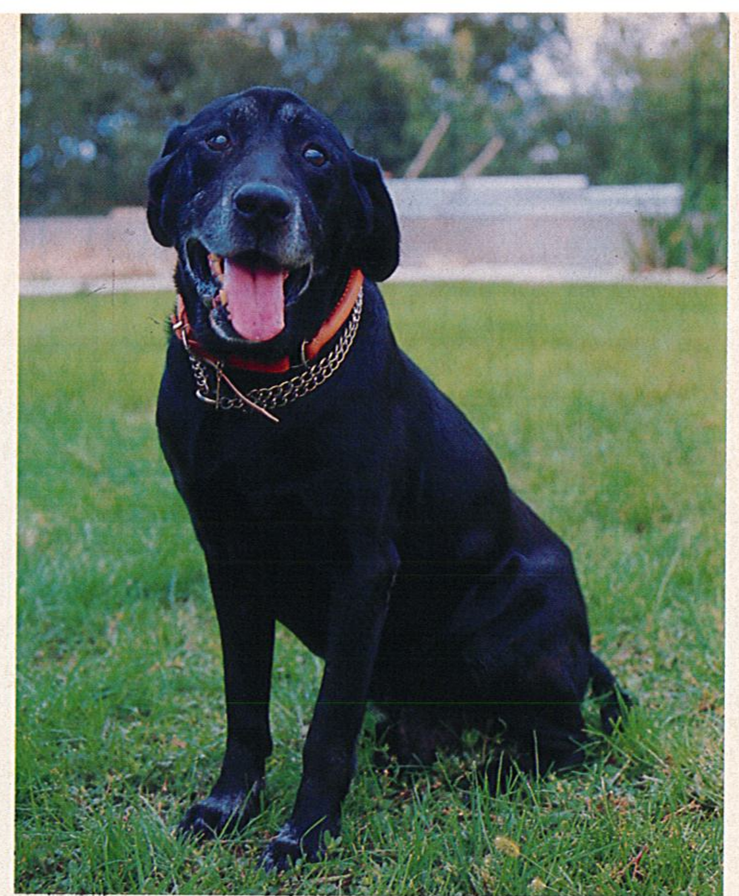
Une expérience réalisée par l'équipe du Pr D. G. Moulton, du département de biologie animale de l'université de Pennsylvanie, prouve la supériorité du chien sur l'homme dans la reconnaissance d'une odeur à très faibles concentrations.

Sur la ligne de départ deux chiens et un homme, qui doivent reconnaître l'odeur extraite de l'essence de violette : l'alfa ionone.

Pour les "fortes" concentrations (10 molécules par cm³), l'homme et le chien sont à égalité. Cependant, au fur et à mesure que l'on diminue la concentration du parfum, la différence apparaît. Et le chien continue de percevoir l'odeur, à une concentration 1 000 fois plus faibles que les meilleurs performances de l'homme.

Toutefois, cette supériorité n'apparaît que lorsque qu'on a dressé le chien à retrouver la trace d'une seule odeur. Lorsqu'il s'agit de faire la différence entre plusieurs dizaines d'odeurs différentes, l'homme est plus performant (à condition, bien entendu, que la concentration soit suffisamment forte).





Un valeureux retraité. En 10 ans de service aux Douanes, Nil, labrador noir, a détecté 600 fois de la drogue, ce qui est un record inégalé. Aujourd'hui à la retraite, près de Perpignan, il est si vieux et si faible qu'il a fallu le doper pour qu'il fasse bonne figure devant notre photographe.

pour bagages qui permet aux chiens de travailler en situation réelle. Récompense de l'animal: des caresses.

Dès que le chien est capable de déceler le cannabis, on passe aux produits dérivés et d'abord au haschisch, qui est la résine extraite des feuilles, puis à la marihuana, constituée de ces feuilles réduites en poudre.

Au terme de cette formation, l'équipe maître-chien est placée en conditions réelles de travail pendant trois ou quatre jours sur un grand passage frontalier, Hendaye par exemple. Puis elle revient à La Rochelle, où un jury de maîtres-chiens qualifiés lui fait subir de nombreux tests. A l'issue de cet examen seulement, ce jury décide si l'équipe est qualifiée et peut recevoir une affectation.

Un an plus tard, l'équipe est rappelée au centre cynophile, pour un contrôle de l'efficacité du maître, des capacités du chien et une "remise à niveau" de l'un et de l'autre. Puis un stage de quatre ou cinq semaines apprendra à l'animal deux autres odeurs, celles de l'héroïne et de la cocaïne. Odeurs difficiles parce que subtiles. C'est pourquoi on ne les "enseigne" qu'aux chiens vétérans.

L'apprentissage est délicat, parce qu'il faut éviter que la bête se drogue. Toute ingestion ou contact accidentel avec les stupéfiants sont évités. Et chaque maître-chien opérationnel est équipé d'une trousse de première urgence qui lui permettra de soigner son compagnon avec un tonicardiaque et des antidotes, s'il venait à donner un coup de dent malheureux dans un sachet de drogue.

96 équipes de détection de stupéfiants sont actuellement en service; pour 4 d'entre elles, le maître est une maîtresse. 20 équipes sont en formation cette année et la douane vise, comme premier objectif, 125 équipes. C'est que le travail ne manque pas: les chiens interviennent aussi bien sur les frontières "terrestres" que dans les ports, les aéroports et, pour un petit nombre d'entre eux, à l'intérieur du territoire. Darwin, caniche noir né en 1988, fait équipe avec le douanier Pascal Pustoche, basé à Brest, et passe même le plus clair de son temps sur un Zodiac pour aller sur place inspecter bateaux et vedettes rapidement et sans qu'on ait à les détourner. D'autres chiens peuvent être transportés par hélicoptère pour participer à une opération "coup de poing" organisée dans telle ou telle ville.

L'odorat du chien ne monte que jusqu'à hauteur de 1,50 m. Au-dessus, il est gêné. Aussi, s'il doit "travailler", par exemple, dans un camion, faut-il l'y faire monter et lui ménager un couloir parmi le chargement.

Les candidatures des maîtres sont spontanées: 130 demandes en 1990 pour 14 places disponibles. La sélection est sévère, sur dossier, avis hiérarchique, observation du comportement du douanier et résultats obtenus.

A côté des appareils techniques sophistiqués, coûteux, lents, difficiles à déplacer, comme les endoscopes qui servent à voir ce qu'il y a à l'intérieur des voitures, ou les appareils de radio et d'analyse d'urine pour déceler une ingestion de drogue (les molécules finissent par traverser tous les tissus), la douane considère le chien comme le meilleur, le moins gênant et le plus rapide des détecteurs de drogue. C'est un "généraliste".

Que coûtent ces limiers? De 3 000 à 3 500 F à l'achat, que ce soit à l'armée ou dans un chenil privé. Puis une prime de 500 F par mois versée à chaque maître pour l'entretien de son chien. Et pas de syndicats...

Gérard Morice

Gène SRY

Chromosome Y

VOICI POURQUOI LES ENFANTS NE SONT PAS TOUS DES FILLES

On a identifié le gène qui détermine le sexe masculin. En sa présence, l'ébauche gonadique, primitivement neutre, se différencie en testicules. En son absence, elle se différencie en ovaires.

PAR ALEXANDRE DOROZYNSKI

Trente ans de recherches viennent d'aboutir : on a découvert le gène qui détermine le sexe mâle d'un embryon. Ce gène masculinisant est le même chez l'homme, le chimpanzé, le lapin, le porc, le cheval, les bovins, le tigre, et sans doute la plupart des autres mammifères. Il déclenche la formation de testicules à partir des ébauches, encore indifférenciées, des organes sexuels. En son absence, tous les fœtus donneraient des petites filles. Les résultats de ces recherches, rapportés dans *Nature* par plusieurs équipes de chercheurs européens et américains (1), closent ainsi un chapitre qui s'est ouvert en 1959 par la découverte du rôle déterminant du chromosome Y, le chromosome de la masculinité.

La cellule humaine est caractérisée par la présence, dans son noyau, de 23 paires de chromosomes. Cela est vrai pour toutes les cellules de notre organisme, à l'exception des cellules sexuelles — ovules et spermatozoïdes — qui ne contiennent, elles, qu'un seul exemplaire de chaque paire. Vingt-deux des chromosomes vont par paires d'apparence identiques que l'on appelle des autosomes. Les chromosomes sexuels sont à part : les individus de sexe féminin sont caractérisés par la présence dans les noyaux de leurs cellules de deux chromosomes X, alors que ceux de sexe masculin ont un chromosome X et un autre, plus petit, dit Y.

Tous les ovules que produit la mère contiennent donc un chromosome X, alors que les spermatozoïdes, produits par le père, peuvent être de deux sortes, contenant soit un chromosome X, soit un Y. Selon que l'ovule est fécondé par un spermatozoïde X ou un spermatozoïde Y, l'enfant sera une fille (XX) ou un garçon (XY). Jusque-là, la détermination du sexe semblait due au hasard de la fécondation et n'était pas régie par la présence du double chromosome X chez les filles, puisque les individus qui, à la suite d'une aberration chromosomique, ne possèdent qu'un seul chromosome X non accompagné d'un Y sont aussi de sexe féminin. Le chromosome Y humain devait donc posséder des gènes requis pour le sexe masculin.

Mais ce chromosome Y porte une succession de quelque 30 ou 40 millions de bases (les bases sont, en quelque sorte, les lettres avec lesquelles est écrit le message génétique transmis de génération en génération), regroupées en quelques milliers de gènes. Comment trouver, parmi ces derniers, ceux ou celui qui impose le sexe masculin ?

Comme souvent en biologie, c'est une anomalie qui va donner l'explication. L'étude des chromosomes de rares individus qui, tout en étant mâles, ont deux chromosomes X (et non un X et un Y) permit de constater qu'un des deux chromosomes X avait reçu, par translocation, un morceau du chromosome Y paternel. Cet accident survient au cours des divisions cellulaires, appelées méiose, prélude à la formation des cellules reproductrices. A cause de cet accident, la portion greffée fait alors agir le

(1) *Nature*, vol. 346, n° 6 281. Andrew H. Sinclair, Philippe Bertha, Mark S. Palmer, J. Ross Hawkins, Beatrice L. Griffith, Matthis J. Smith, Jamie W. Foster, Anna-Maria Frischauf, Robin Lovell-Badge et Peter N. Goodfellow, au Human Molecular Genetics Laboratory, dépendant de l'Imperial Cancer Research Fund, à Londres. Philippe Bertha fait partie du centre de recherches de biochimie moléculaire du CNRS, à Montpellier.

(2) John Gubbay, Jérôme Collignon, Peter Koopman, Blanche Capel, Androulla Economou, Andrea Münsterberg, Nigel Vivian, Peter Goodfellow et Robin Lovell-Badge, au Laboratory of Eukaryotic Molecular Genetics, du National Institute for Medical Research, à Londres. *Nature*, ibid.

(3) David C. Page, Elizabeth M. C. Fisher, Barbara McGillivray et Laura G. Brown, au Whitehead Institute for Biomedical Research, du Massachusetts Institute of Technology, aux Etats-Unis.

chromosome X comme un chromosome Y. On sut, en 1966, que les gènes masculinisants étaient situés sur le bras court du chromosome Y, qui compte une dizaine de millions de bases. Dans les années qui suivirent, on étudia les chromosomes de nombreux hommes et d'autres mammifères XX, et on finit par identifier, en 1987, un fragment du chromosome Y n'ayant plus que 60 000 bases, qui a suffi pour conférer à son possesseur XX le sexe masculin. Cette portion du chromosome comportait, cependant, de nombreux gènes répétitifs, et il était difficile d'y retrouver le gène opérationnel. Il y a trois ans, on crut le tenir, mais la "découverte" se révéla erronée.

A la fin de l'année dernière, le champ des recherches se rétrécit encore à une région de 35 000 bases, et, le mois dernier, Andrew Sinclair et son équipe franchirent ce qui pourrait bien être la dernière étape : l'identification précise du gène de la masculinité, formé de 250 bases, soit à peine la cent millième partie du chromosome en question.

Pour réaliser cet exploit, Sinclair a scindé le fragment de 35 000 bases en bribes plus courtes, d'abord de 4 000 bases, ensuite de 50 bases. Chacune de ces bribes, marquée par une substance radioactive, fut mise en présence d'ADN de mâles et de femelles de l'espèce humaine, mais aussi d'une sorte d'arche de Noé génétique, comportant des gènes de plusieurs autres mammifères. On put ainsi détecter la présence d'une bribe particulière chez les mâles, mais non chez les femelles, des espèces étudiées. Ce gène (ou groupe de gènes) fut surnommé SRY, pour *Sex-determining Region Y*, la région du chromosome Y déterminant le sexe.

On passa ensuite aux vérifications. Si SRY détermine le sexe, il devrait, en s'exprimant, déclencher la production d'une substance qui, à son tour, commanderait le développement des testicules. Les chercheurs ont pu montrer que le gène SRY commande, en effet, la synthèse d'une protéine faite d'une séquence de 80 acides aminés. Une autre équipe de chercheurs, dirigée par John Gubbay ([2]) à Londres, a montré que ce gène déclenche donc la synthèse de la protéine en question chez la souris onze jours et demi après la fécondation, au moment précis ou va commencer la différenciation sexuelle de l'embryon — qui deviendra alors mâle.

Une troisième équipe, composée de chercheurs américains et canadiens ([3]), publie dans le même numéro de *Nature* le résultat d'un examen chromosomique qui semble, lui aussi, confirmer le rôle du fragment SRY. Le Pr David C. Page et ses collaborateurs ont identifié un cas rare, celui d'une femme possédant les chromosomes X et Y, caractéristiques du sexe masculin. Pourquoi cette femme n'est-elle pas un homme ? Un examen détaillé de son chromosome Y a montré qu'il lui manquait une petite partie, justement celle qui contient le segment masculinisant SRY.

Il est donc très probable que le ou les gènes SRY sont les gènes qui font un homme à partir d'un embryon encore non différencié. Sans l'intervention de ce gène, l'embryon donnerait une fille.

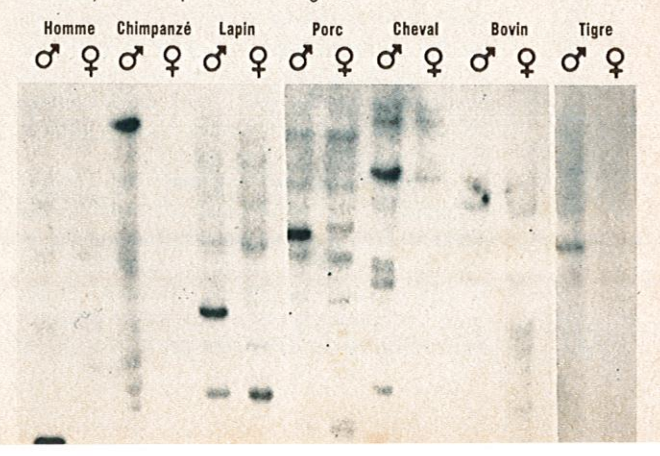
Si le rôle de ce gène est définitivement confirmé, aura-t-on pour autant expliqué la différenciation des sexes ?

Loin de là : ainsi, l'apport d'hormones mâles ou femelles peut inverser le développement sexuel, et chez certains amphibiens, les crocodiles notamment, il suffit d'une variation de la température d'incubation de l'embryon pour en changer le sexe. Chez les poulets, c'est le mâle et non la femelle qui possède un chromosome sexuel double, généralement nommé ZZ, alors que la femelle a deux chromosomes sexuels différents, ZW. Chez la drosophile, ou mouche du vinaigre, qui est le "cobaye" favori des généticiens, les femelles sont XX et les mâles XY, comme chez les mammifères, mais le chromosome Y n'est pas nécessaire pour la masculinisation. Une mouche X dépourvue de Y (dite XO) sera mâle, alors qu'un XO humain sera femme (mais atteinte d'anomalies plus ou moins graves). Certains poissons, quant à eux, changent de sexe durant leur vie, ce qui permet au même individu de pondre des œufs et de les féconder.

Le chapitre sur la détermination du sexe est maintenant à peu près terminé ; un autre s'ouvre, bien plus vaste. Il sera consacré à toute une cascade d'événements aujourd'hui mal connus qui transforment une cellule unique en homme, en femme, en souris, ou en éléphant.

Alexandre Dorozynski

Ils l'ont tous ! Le gène SRY s'est révélé présent dans l'ADN prélevé chez les mâles de nombreux mammifères (homme, cochon, tigre, cheval, etc.), et pas dans celui prélevé chez leurs femelles. La technique consiste à déposer les différents ADN débités en tronçons et bien séparés les uns des autres à une extrémité d'une plaque de gel, puis de soumettre celle-ci à un courant élecrique. Les ADN migrent vers l'autre extrémité, puis s'arrêtent (plus ou moins loin du départ) lorsque le courant est coupé. Ensuite, on dépose sur le gel des sondes moléculaires, sortes de copies négatives du gène SRY, qui s'accrochent à ce dernier là où il existe. La sonde étant légèrement radioactive, elle révèle sur une plaque photographique (ci-dessous) les ADN porteurs de ce gène.



Psychologie

IL AVAIT MIS SA FILLE EN CAGE

Poussant très loin les idées de Pavlov, l'Américain Skinner, qui vient de mourir, pensait qu'on peut, pour leur plus grand bien, éduquer les hommes en les soumettant le plus régulièrement possible à un jeu simple d'action-récompense et en les tenant à l'abri des idées pernicieuses telles que "liberté" ou "dignité".

Burrhus Frederick Skinner, spécialiste de la psychologie du comportement, inventeur de la "cage de Skinner", dresseur de pigeons et de rats, est mort à 86 ans. Il voulait réformer la société par le conditionnement de l'homme.

Né en Pennsylvanie dans un milieu puritain, le jeune Skinner voulait devenir écrivain. Au bout d'un an d'échecs, il s'intéressa à la psychologie, notamment aux travaux du Russe Ivan Pavlov, célèbre pour ses recherches sur le reflexe conditionné, et de l'Américain John B. Watson, fondateur du behaviorisme (ou comportementalisme), école selon laquelle la conscience et l'esprit ne pouvant être sondés, la psychologie doit se limiter à l'étude des relations entre les stimuli et les réactions qui se manifestent dans le comportement. Il obtint un doctorat de psychologie de l'université de Harvard et devint enseignant tout en poursuivant des recherches sur le "conditionnement opérant", ou conditionnement skinnérien, qui se distingue du "conditionnement classique".

Le conditionnement classique permet d'établir un réflexe conditionné en associant un stimulus préalablement neutre (par exemple, le tintement d'une clochette) avec un stimulus inconditionnel (non neutre, comme la nourriture). Au bout d'un nombre de présentations des deux en continuité temporelle, le stimulus neutre devient conditionnel et la réaction conditionnée. C'est le fameux réflexe de Pavlov (la clochette fait saliver le chien, même si aucune nourriture ne lui est présentée).

Le conditionnement opérant, lui, permet d'"apprendre" une réaction, mais par un mécanisme différent. Il n'y a pas de stimulus conditionnel, et l'acquisition consiste en ce qu'une réaction devient de plus en plus fréquente ou vigoureuse du fait qu'elle est suivie d'un événement appelé renforcement. Ainsi, un rat dans une cage, à force de s'y déplacer, pousse par hasard un certain bouton qui libère une boulette de nourriture. Au bout de plusieurs répétitions, le rat aura "appris" à appuyer sur le bouton pour obtenir sa nourriture.

Skinner apprit donc à des rats et à des pigeons à exécuter des tâches complexes en réponse à des récompenses (renforcements). C'est à Harvard qu'il mit au point sa fameuse "boîte", une cage, où un animal, isolé du monde extérieur, apprenait à actionner un levier ou un bouton pour obtenir son "renforcement" alimentaire ou autre.

Quand il prétendit passer de l'animal à l'homme, vers 1945, Skinner fit scandale. Il maintint que tout le comportement des individus peut s'expliquer par la régularité des renforcements auxquels ils ont été soumis depuis l'enfance. Il fit donc construire une "boîte à bébé", cage en matière plastique créant pour l'enfant un milieu à température et à humidité contrôlées, l'isolant en partie de l'environnement extérieur. Sa fille Deborah fit les frais d'une expérience et souffrit par la suite d'une grave névrose.

Impavide, Skinner reprit la plume et publia de nombreux articles et livres, dont *Walden Deux* et *Au-delà de la liberté et de la dignité*. Le premier décrit une société utopique dont les membres ont été élevés collectivement depuis leur tendre enfance et conditionnés à des comportements bénéfiques pour la collectivité. Ils vivent heureux et disciplinés, sans connaître l'envie ni l'agressivité, dans un monde collectiviste où la propriété privée n'existe pas.

Le second ouvrage, *Au-delà de la liberté et la dignité*, est la profession de foi de B. F. Skinner. Il y analyse longuement la signification des mots "liberté" et "dignité" pour conclure qu'ils ne sont que les sous-produits du milieu et de l'environnement. La littérature et la tradition, dit-il, ont conféré à ces notions difficiles (pour lui) à définir objectivement un titre de noblesse immérité. « La lutte de

PAR ALEXANDRE DOROZYNSKI

l'homme pour la liberté, écrit-il encore, n'est pas la conséquence d'une volonté d'être libre, mais de certains processus comportementaux caractéristiques de l'organisme humain, dont l'effet principal est d'éviter ou d'échapper aux aspects dits "aversifs" de l'environnement. » Quant à la dignité, elle est un "renforcement" attribué aux gens pour certains comportements dont on favorise ainsi la répétition.

Selon Skinner, la littérature de la liberté et de la dignité s'oppose au progrès humain, car elle utilise des arguments non rationnels et renforce des comportements qui ne sont pas nécessairement bénéfiques pour la société. Cette littérature peut s'opposer à des progrès technologiques, notamment (bien sûr !) des progrès dans le domaine du contrôle du comportement. Pourquoi ne ferait-on pas l'effort d'identifier des comportements objectivement bénéfiques et de les renforcer systématiquement ? Les résultats seraient sans doute meilleurs que les comportements sociaux actuels, développés au hasard du contrôle de la société par des rois, des présidents, des dictateurs, des systèmes économiques ou des religions.

Pour Skinner, il fallait, en somme, conditionner l'être humain et le débarrasser de tout un fatras philosophique dénué de sens et encombré de mots nocifs tels que "liberté" et "dignité". Fi donc de la psychologie classique et surtout de la psychanalyse, qui, au contraire, exaltent la complexité de l'individu et lui accorde son libre arbitre (sa liberté). Tenons-nous-en plutôt aux faits observables, disait-il en substance, utilisons le bâton de l'autorité et la carotte du renforcement pour provoquer le comportement qui permet d'atteindre l'objectif d'une société harmonieuse faite de gens heureux.

Les critiques ont fait observer que Skinner n'expliquait guère comment élaborer cette « technologie du comportement ». Ils lui tinrent également rigueur de vouloir imposer à l'humanité une technologie fondée sur le commun dénominateur le plus bas, sans tenir compte des différences de personnalité ; de bafouer les notions de liberté et de dignité ; de rabaisser le spirituel ; bref, d'être coupable d'un réductionnisme extrême, qui prétend que l'être humain n'obéit qu'à deux boutons, comme l'animal de laboratoire : la peur de la punition et l'appât de la récompense. Même les critiques modérés virent une sérieuse menace dans la psychologie skinnérienne. D'innombrables exemples politiques leur ont donné raison.

Pourtant, certains médecins et psychologues ont tenté d'utiliser des thérapies comportementales pour aider des patients à se dégager de phobies, de toxicomanies, de troubles sexuels ou alimentaires, etc. D'autres ont même tenté d'introduire dans l'éducation des techniques de conditionnement opérant, et même utilisé des "boîtes à bébé".



Le professeur Skinner, avec sa fameuse cage destinée à conditionner les animaux et qu'il expérimenta sur sa propre fille. Ici à Havard en 1987.

Skinner savait bien (il l'a écrit dans une préface à la dernière édition de son ouvrage) que le behaviorisme est inacceptable, car il est déterministe et donc nie la liberté. Or, il le dit lui-même, « que l'on soit véritablement libre ou pas a peu de choses a voir avec le sentiment d'être libre, et la lutte historique pour la liberté a été une lutte pour le sentiment, et non pour le fait ».

Skinner admit, avec certains critiques, que la science du comportement est impossible parce que ce comportement est le résultat de l'histoire génétique et personnelle d'un individu, histoire inaccessible et indéchiffrable. L'analyse en est pourtant abordée par la sociobiologie, cette discipline qui tente de jeter un pont entre la sociologie et la biologie. Le chef de file de la sociobiologie, Edward O. Wilson, voisin de Skinner à l'université de Harvard, a pris la relève, déclenchant une querelle tenace, le behaviorisme rigide de Skinner étant tombé en désuétude.

En dépit de l'impasse à laquelle aboutissent ses idées, Skinner a enrichi la psychologie. C'est sans doute pourquoi il a reçu la médaille d'or de l'Association américaine de psychologie et la médaille de la National Science Foundation ; a été élu membre de l'American Academy of Sciences, de l'American Philosophy Society et de plusieurs sociétés scientifiques étrangères ; il reçut les diplômes honorifiques de 23 universités. Autant de "renforcements" qui ont sans doute contribué à son entêtement dans le behaviorisme pur et dur. **Alexandre Dorozynski**

ECHOS DE LA RECHERCHE

IMMUNOLOGIE

Les malheureux mangeurs de lion

"Bouffer du lion" est une expression imagée qui s'applique à quelqu'un qui est plein de force et d'agressivité.

Elle ne correspond pourtant pas à un petit groupe d'Américains qui mangent effectivement de la viande de lion, parce qu'ils sont atteints d'une maladie nouvelle, une de plus. Il s'agit de gens qui souffrent d'une allergie généralisée à pratiquement toute nourriture et à la majorité des environnements américains contemporains ; d'où le nom de leur affection, "maladie environnementale" ou ME. Les manifestations de la maladie sont très variées, allant de douleurs thoraciques à des vomissements et de mycoses à des hallucinations. Comme ils semblent avoir développé des anticorps contre tous les aliments ordinaires, les médecins les ont astreints à des régimes "exotiques", à base de viande de lion, de lama, de kangourou ou de serpent, et à des végétaux qu'ils n'ont jamais consommés auparavant.

Ces gens, plusieurs centaines, se sont regroupés dans une petite ville de Californie, Potrero, où il n'y a ni poussière, ni humidité, ni brouillard, ni végétation, dans une colonie fondée par une malade. Ils y vivent dans des conditions d'asepsie extrêmes, dans des maisons presque entièrement constituées de verre, de métal et de coton, qui ne diffusent pas dans l'air de particules chimiques et qui sont peintes en blanc, parce qu'ils craignent même une réaction allergique aux pigments industriels. Les sols des maisons sont recouverts de feuilles d'aluminium, et, pour éviter tout contact avec l'encre d'imprimerie, potentiellement allergénique, ils ont inventé un appareil, qui consiste en une sorte de boîte ventilée, à tourner les pages des livres et des journaux... Même les téléviseurs sont enfermés dans des boîtes en plastique. Ils ne reçoivent pas de visiteurs, de peur d'être exposés aux parfums que ceux-ci emploieraient, aux brindilles des textiles qu'ils portent, ou aux molécules de détergents qui s'échapperaient de ces textiles. Certains d'entre eux ne s'aventurent hors de chez eux que munis de masques et de bouteilles d'oxygène.

Comme on le voit, leur mode de vie s'apparente très étroitement à celui des enfants bulle.

Les premiers cas de ME semblent être apparus au début de la décennie 1970 ; on les prit, évidemment, pour des manifestations d'hypochondrie aiguë. Mais on a changé d'avis : il y a aujourd'hui quelque 500 médecins qui se sont spécialisés dans la ME. Un des directeurs du National Institute of Environmental Health estime qu'il s'agit bien d'un syndrome nouveau.

Parmi les premières hypothèses avancées pour expliquer cette maladie déroutante, on invoque un choc toxique qui aurait désorganisé le système immunitaire et l'aurait quasiment détruit. Nous avons évoqué, à ce propos, dans notre numéro de septembre, les chocs toxiques déclenchés par une virulence nouvelle du streptocoque A. En tout état de cause, voilà une maladie de plus au catalogue de celles qui sont apparues depuis quelques années, dont la mystérieuse fatigue dénommée à l'origine "maladie du lac Tahoe" (voir *Science & Vie* n° 874).

Yéti pas tout à fait mort, selon deux anthropologues américains : ce serait un orang outan géant qui survivrait dans des régions peu explorées de la Chine, comme les hautes montagnes du Hubei et du Yunan. On avait cru ces primates disparus il y a mille ans, mais on en a retrouvé des vestiges qui n'avaient que sept cents ans, et, maintenant, on pense qu'une petite population aurait survécu jusqu'à aujourd'hui. L'orang outan "géant" mesurerait quelque 2 m de haut, c'est-à-dire qu'il aurait à peu près la taille d'un gorille.

Sainte Sophie, la merveille architecturale d'Istanbul, va être soumise à une étude technique de l'université de Princeton. Construite en cinq ans seulement, de 532 à 537, par Anthémios de Tralles et Isidore de Milet, elle continue de stupéfier les techniciens par son dôme de 30 × 55 m, qui a résisté pendant quinze siècles aux tremblements de terre. Les ingénieurs espèrent en tirer des leçons de construction antisismique. Espérons qu'ils en tirent aussi des leçons esthétiques.

Diabète : premiers succès d'un traitement biologique original décrit il y a quatre ans. Celui-ci consiste à prélever sur un donneur sain des cellules productrices d'insuline (les îlots de Langerhans), à les purifier et à les injecter au malade. Il s'agit donc d'une greffe. Ces cellules vont alors se fixer sur le foie, où elles commencent à produire de l'insuline. Cela ne "guérit" pas le diabète, mais réduit sensiblement le nombre d'injections d'insuline nécessaires.

Retour de l'électrochoc dans le traitement des affections mentales. Toutefois, le choc passe d'une seconde à 1/25e de seconde, de 200 à 103 joules, d'une séance quotidienne à trois hebdomadaires, avec limitation à 20 séances, et les électrodes ne sont plus fixées des deux côtés du crâne, mais sur le droit seulement : pour le traitement des dépressions graves.

MÉDECINE

Ultraviolets contre sida

Nous avions rapporté dans notre dernier numéro les essais d'une thérapeutique curative du sida, qui consiste à chauffer le sang d'un malade en circulation extracorporelle ; une technique apparentée vient d'être mise à l'essai aux Etats-Unis.

Rapportée par les *Annals of Internal Medicine* du 15 août dernier, elle consiste à prélever du sang sur un malade, à l'exposer à la lumière ultraviolette et à le réinjecter. Ce traitement est associé à l'administration de 8-methoxy-psorelène, médicament antipsoriasique, dans les deux heures précédant l'irradiation du sang. Elle aussi aurait donné des résultats intéressants, mais il convient de souligner qu'il s'agit là d'essais préliminaires, qui n'ont pas été vérifiés scientifiquement.

Selon les premiers rapports, ce dernier traitement aurait sensiblement amélioré l'état de cinq malades au stade d'ARC, c'est-à-dire celui des symptômes précurseurs tels que les adénopathies, la fatigue, les sueurs nocturnes, où la maladie ne s'est pas encore déclarée. Un patient, par exemple, qui n'arrivait plus à monter les escaliers et qui avait abandonné ses études, a repris son entraînement physique et ses études à plein temps. Chez les cinq patients expérimentaux, le traitement, qui a duré un mois, a supprimé les adénopathies, les sueurs nocturnes et les autres symptômes. On ignore comment ce traitement aurait renforcé le système immunitaire aussi bien que son action exacte contre l'infection. On ignore aussi si l'effet en est durable.

En revanche, les premiers rapports sur la technique de chauffage du sang sont plus décevants : sur trois malades traités, un est mort le lendemain de l'intervention.

Ces informations sont opportunes alors qu'on apprend, d'une étude du National Cancer Institute américain, que le traitement au long cours du sida par l'AZT (commercialement appelée Retrovir ou Zidovudine), drogue devenue "classique" dans ce cas, expose au risque de lymphome non hodgkinien. 14 % des gens souffrant d'ARC ou de sida déclaré et traités à l'AZT pendant deux ans ont, en effet, développé cette forme agressive de cancer. D'où l'autorisation de mise sur le marché, aux Etats-Unis, d'un autre produit, l'Ampligen, qui stimule la production naturelle d'interféron et qui a été mis en essais cliniques sur 135 malades en août dernier.

Parallèlement, le conseil de la recherche médicale britannique (MRC) a autorisé il y a plusieurs semaines les essais cliniques sur 20 volontaires d'un vaccin de la firme British Biotechnology Ltd. Ce vaccin est préparé à partir d'une protéine du virus, non pas une protéine de l'enveloppe, par exemple gp 160 ou gp 120, mais une protéine de l'intérieur même, la p24. Plusieurs vaccins avaient été réalisés avec des protéines de l'enveloppe : la raison de ce choix en était que ces protéines seraient, en principe, fortement immunogéniques, c'est-à-dire qu'elles entraîneraient une forte réaction immunitaire. Mais ces vaccins n'ont jamais fait l'unanimité dans la communauté des chercheurs, certains redoutant que des fragments de l'enveloppe puissent bloquer le système immunitaire, s'il ne les détruisait pas entièrement et qu'il les reconnaissait donc "siennes", d'autres faisant observer que, bien que fortement immunogéniques en principe, ces protéines déjouaient quand même le système immunitaire comme le prouvaient les cas d'infection.

La molécule interne du virus, p24 donc, n'est pas une de celles qui entrent directement en rapport avec le système immunitaire ; elle n'est donc pas immunogénique. Pour cette raison, elle est, dans le vaccin, associée à un porteur, une particule virale fabriquée en laboratoire (VLP, pour *Virus-Like Particle*) qui n'est pas en elle-même infectieuse, mais qui possède cependant des caractéristiques fondamentales des rétrovirus tels que celui du sida. La VLP à elle seule déclenche une alerte du système immunitaire pareille à celle que déclencherait l'infection par le virus du sida. De plus, elle apprend au système immunitaire à reconnaître la protéine p24. Si tout se passe bien, et s'il y avait déjà eu infection, le système immunitaire détruirait donc cette protéine ; s'il n'y avait pas infection, il produirait des anticorps capables de détruire cette protéine quand elle se présenterait.

Reste une inconnue : pour détruire cette protéine, il faudra bien que les anticorps entrent en contact avec le virus. Normalement, le virus les dupe en leur "faisant croire", par le jeu de récepteurs de surface, qu'il n'est pas un ennemi. On peut se demander si, là, les anticorps déjoueront la ruse des récepteurs de surface et parviendront quand même à atteindre la protéine p24 à l'intérieur du virus. Le calcul des inventeurs de ce vaccin semble être que, la protéine p24 stimulant la production de lymphocytes *helper* T, la vaccination favoriserait un surnombre de ces lymphocytes par rapport aux virus. Donc que, même lorsque les lymphocytes T auront été captés et neutralisés par les virus, en quelque sorte quand les vaccins auront pris ces lymphocytes en otages, des populations de *helpers* encore plus nombreuses attaqueront quand même ces virus.

La voie royale, encore inexplorée, consisterait à trouver une stratégie, chimique ou biologique, qui altérerait exclusivement les récepteurs de surface du virus, le rendant inapte à se fixer sur les cellules du système immunitaire.

Lien vraisemblable entre champs électromagnétiques et cancers, conclut l'US Environmental Protection Agency après une enquête de deux ans. Les seules indications du lien sont épidémiologiques. En attendant, cette agence propose, dans un rapport préliminaire, de classer les champs associés à des lignes de force de 60 Hz comme cancérigènes, au même titre que les PCB, le DDT et le formaldéhyde.

Vaporisation de la luette au laser CO_2 contre les ronflements : le traitement est non douloureux, réalisable sans anesthésie et sans hospitalisation. L'invention est française. Bizarrement, l'intervention ferait disparaître l'irritabilité et les fatigues matinales. Un seul inconvénient : la difficulté à rouler les "r"... par suite de l'absence de luette.

Les enfants de pompiers sont de 3 à 6 fois plus exposés que les autres aux malformations cardiaques, selon une enquête canadienne. On ne connaît pas d'explication à cette corrélation singulière. Une seule hypothèse : les toxines dégagées par les incendies sont absorbées par les poumons et la peau et endommageraient les spermatozoïdes.

La liposuccion accroît le volume des seins : selon des observations américaines, cette méthode d'aspiration des graisses du ventre, des cuisses et des hanches, utilisée dans les traitements amaigrissants, entraîne dans le courant de l'année suivante un accroissement de la masse des seins.

Un médicament pour les os des gens âgés, l'étirondrate, semble avoir donné des résultats appréciables dans une étude clinique pilote sur 400 femmes ménopausées, les plus menacées par l'ostéoporose, selon une étude publiée par le *New England Journal of Medicine*.

Coût des pluies acides à l'Europe au XXIe siècle : 160 milliards de francs par an en bois perdu (118 millions de mètres cubes), selon un institut autrichien indépendant, l'IIASA. L'écologie est aussi une affaire rentable.

Une erreur a été commise dans l'attribution du crédit photo de l'article de Marie-Laure Moinet "Les plantes ne sont plus à nous", page 76 du n° 874. Celle-ci a été réalisée par M. Jacquemond, INRA-Avignon. Par ailleurs, le sens de cette photo a été inversé. Toutes nos excuses.

Traitements génétiques des maladies en vue aux Etats-Unis. Les premiers essais auront lieu sur des cas de cancer et de désordres immunitaires graves.



ARCHÉOZOOLOGIE

Le dodo n'était pas si dodu

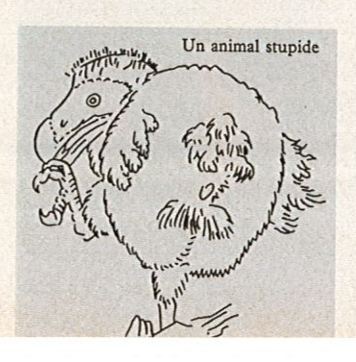
On s'est longtemps fait une idée fausse de l'infortuné *Raphus cucullatus*, plus connu sous le nom de dodo de l'île Maurice. Comme en témoignent les reconstitutions ci-dessous, on l'avait représenté comme un volatile obèse et tellement ridicule que sa disparition — due à la gloutonnerie des marins qui faisaient escale à l'île Maurice et qui en exterminèrent l'espèce en moins d'un siècle (le dernier individu fut mangé en 1592) — semblait inévitable.

Or, les recherches de M. M.A. Kitchener, du Musée royal d'Ecosse, ont abouti à la reconstitution ci-dessus, où l'on voit que l'animal, qui appartient à la famille du pigeon, était bien moins gros qu'on l'a cru. Les représentations anciennes d'individus très gros étaient sans doute celles de dodos capturés vivants et gardés en captivité. Donc, le dodo était dodu, mais pas obèse.









ETHNOLOGIE

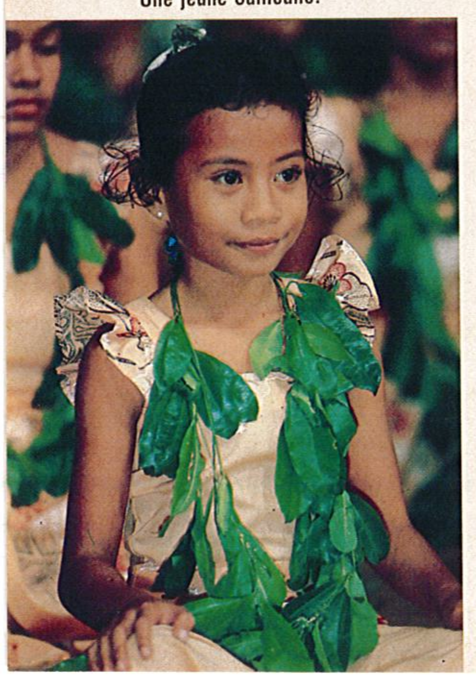
A qui appartient l'ethnologie ?

Une des histoires acides en vogue chez les ethnologues est celle de ce confrère qui part faire une étude "sur le terrain" en pays lointain. Le sorcier, qui en a vu d'autres et qui est certain que l'ethnologue viendra l'interroger, en est avisé.

Prévision juste : l'ethnologue vient l'interroger sur les mythes et les traditions de sa tribu. Le sorcier débite alors au visiteur des sornettes pittoresques, inventées sur-le-champ, selon lesquelles la tribu descend d'un lapin qui se trouvait dans la Lune et qui en descendit parce qu'il s'était amouraché d'une fleur de nénuphar, etc. L'ethnologue enregistre pieusement ces fadaises, qui vont faire autorité, bien sûr, et quand il s'en va, le sorcier éclate de rire.

Une réaction amorcée depuis plusieurs années est en train de s'affirmer avec force parmi les populations qui font l'objet d'études ethnologiques. Ces populations se rebellent, en effet, contre les interprétations anthropologiques, qui ont été jusqu'ici le fait d'étrangers presque immanquablement blancs.

Ainsi, il y a une dizaine d'années, une Samoane lettrée s'insurgea avec violence contre les histoires sur la sexualité aux Samoa, archipel du Pacifique, qu'avait publiées une célèbre ethnologue américaine, Margaret Mead, dans *Coming of Age in Samoa*, publié en 1928 (et traduit en France en 1963 sous le titre "Mœurs et sexualité en Océanie"). Pour mémoire, Mead avait dépeint la puberté et l'accession à l'âge de femme aux Samoa sous des couleurs idylliques, tout à fait dignes du bon Rousseau et du *Supplément au voyage de Bougainville*, de Diderot, et qui ne correspondait nullement à la réalité.



Une jeune Samoane.

Au début de 1990, un certain remous se fit dans les milieux d'ethnologues américains et néozélandais au sujet des Maori, peuple polynésien aborigène de Nouvelle-Zélande. Le motif en était le suivant : les Blancs qui, au début du siècle, avaient recueilli les mythes fondateurs des Maori avaient-ils bien fait leur travail objectivement ?

L'un de ces mythes, depuis érigé en dogme, était que les Maori étaient arrivés dans ces îles en 1350, dans des grands canoës, au terme d'une héroïque migration partie d'autres îles lointaines. C'est ainsi que fut fondé le mythe de la Grande Flotte. Aujourd'hui, les Maori établissent leur lignage selon le canot qui apporta leurs ancêtres sur leur terre actuelle. Or, ce mythe ressemble étonnamment à la théorie diffusionniste de peuplement du Pacifique, en vogue, c'est le cas de le dire, au début du siècle, mais aujourd'hui fortement contestée.

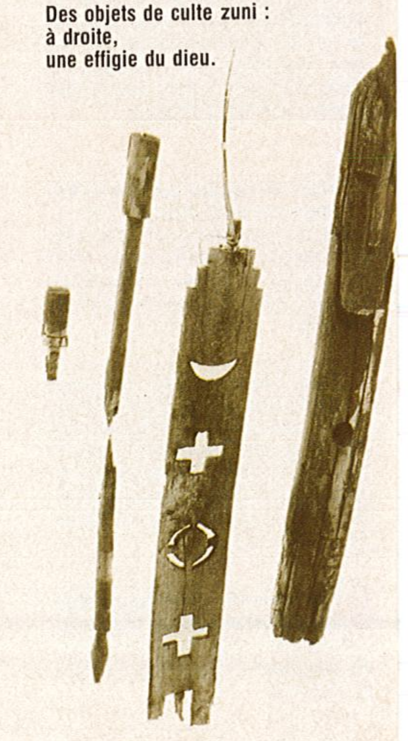
Un autre mythe consistait en l'histoire d'Io, le Grand Dieu des Maori, qui, au début des temps, tira la lumière de l'obscurité primitive, divisa les eaux et forma la Terre. Cela ressemblait bizarrement à la Genèse.

D'ailleurs, en 1950, un ethnologue de père maori, Te Rangi Hiroa, émit des doutes sur l'authenticité de la tradition recueillie, il faut le rappeler, par des Blancs. Ni l'histoire de la Grande Flotte ni celle de la création du monde ne semblaient vraiment maori.

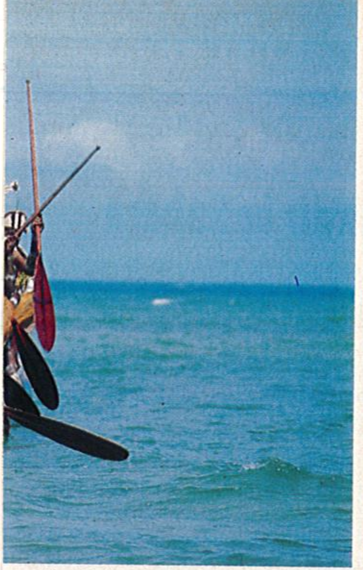


Le bateau mythique des Maori tel que

Depuis lors, la confusion ne cesse de croître, non seulement parce que les ethnologues, blancs ou autres, pensent que leurs collègues du début du siècle ont fortement "nuancé" les récits des Maori, mais encore parce que ceux-ci, aujourd'hui, se refusent énergiquement à une révision des mythes ! On leur a tellement répété, en effet,



Des objets de culte zuni : à droite, une effigie du dieu.



constituent les rites modernes.

qu'ils sont arrivés en 1350 dans une Grande Flotte et que leur Grand Dieu est Io qu'ils ne veulent plus en démordre !

Autre exemple de rébellion : les Zuni, Indiens du Nouveau-Mexique, produisent, comme beaucoup de tribus dans le monde, des objets de culte dont la finalité est d'être détruits par simple exposition aux intempéries. Ces objets, effigies et totems, furent récupérés par des ethnologues pour être entreposés dans des musées, notamment des musées américains. Dès 1978, les Zuni ont entrepris une campagne de récupération de ces artefacts. Argumentaire : ce sont des objets religieux qui n'ont rien à faire dans des musées. Les ethnologues n'ont pas à s'occuper de nos affaires. Les musées se sont inclinés. Les commissaires-priseurs aussi : un dieu zuni, qui valait de 150 000 à 200 000 F il y a encore quelque temps, ne peut plus être vendu. Ethnologues, allez voir ailleurs.

Le météorite qui a traversé le toit d'une maison en Hollande, en avril dernier, est tombé de l'astéroïde Midas, comme ont permis de l'établir les rapports de 185 témoins qui ont indiqué l'angle d'entrée dans l'atmosphère, soit 40°. Il y a quelque 3 500 astéroïdes dans la banlieue terrestre, mais seulement 25 dont les inclinaisons orbitales soient supérieures à 30°. Il pesait 500 kg quand il est entré dans l'atmosphère terrestre à 100 000 km/h. Heureusement, quand il entra chez de paisibles Hollandais par le toit, il ne mesurait plus qu'un kilo.

LINGUISTIQUE

A qui appartient donc l'accent circonflexe ?

Parmi des mesures récentes prises par le gouvernement, on en trouve une qui est censée "simplifier" l'enseignement du français et qui voudrait qu'on supprimât l'accent circonflexe de la troisième personne du singulier du présent et des passés du subjonctif tel que nous venons de l'utiliser. Une autre conseillerait de supprimer l'un des deux "n" de mots tels qu'"environnement".

On peut se demander s'il est de la compétence d'un ministère d'inciter à la suppression d'un usage déjà très ancien et qui appartient au patrimoine linguistique d'une nation.

En tout état de cause, nous continuerons ici à l'utiliser.

HISTOIRE DE LA MÉDECINE

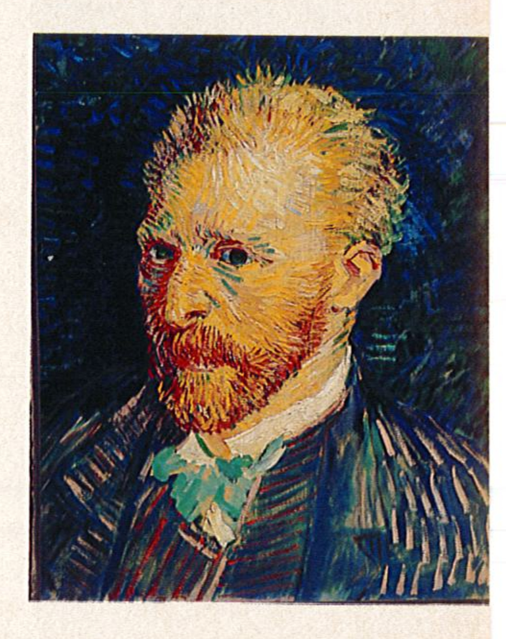
Les vertiges de Vincent

Une étude de quatre médecins publiée par le *Journal of the American Medical Association*, ou JAMA, du 25 juillet, conclut que Vincent Van Gogh ne fut ni épileptique ni fou. L'étude se fonde sur l'analyse de 796 lettres de l'artiste et y décèle des preuves que l'homme fut tout à fait raisonnable, et que le diagnostic de l'épilepsie fut établi par la victime elle-même d'après le rapport du Dr Peyron, de l'asile de St-Rémy-de-Provence, ce qui permet de penser qu'elle était erronée.

Van Gogh aurait souffert du vertige de Ménière, affection causée par un trouble dans la pression des liquides labyrinthiques. Le grand clinicien Charcot avait déjà noté au XIXe siècle que le vertige de Ménière était souvent mal diagnostiqué, parce qu'il était associé à d'autres troubles et que ses symptômes étaient mal interprétés. En effet, les nausées et l'hyperacousie (sensibilité extrême aux bruits) que rapporte le peintre confirment ce diagnostic *post-mortem*.

Il faut se féliciter que ce diagnostic enrichisse notre connaissance de la biographie d'un grand peintre. Toutefois, il faut également observer que selon une étude antérieure du même JAMA, remontant à 1981, Van Gogh souffrait d'intoxication à la digitaline (*Science & Vie* n° 765), que selon une étude du JAMA, encore, remontant à 1989, le peintre buvait beaucoup d'absinthe et se droguait au camphre et même à la térébenthine et souffrait également d'intoxication à la thuyone (*Science & Vie* n° 860), et enfin que tous les gens qui souffrent du vertige de Ménière ne se coupent pas l'oreille.

Nos auteurs ont quelque peu gâché le mérite de leur analyse par la systématisation de leur idée : Van Gogh fut intoxiqué et souffrit bien de troubles mentaux en plus de son vertige de Ménière. Celui-ci aggrava ceux-là.



ENVIRONNEMENT

Des arbres en plastique pour faire reverdir le Sahara

Il pleut quand un front d'air froid rencontre un front d'air chaud. Ce principe fondamental de la météorologie est cause du fait que le Sahara ne soit plus aussi vert qu'il l'était autrefois. L'humidité nocturne n'y est retenue par pratiquement aucun organisme : dès que le Soleil se lève, elle se dissipe immédiatement. Comment la retenir ? Dans des arbres en plastique, a imaginé Antonio Ibanez Alba, inventeur espagnol : hauts de 7 à 10 m, les troncs en sont en polyuréthane et les branches et les feuilles en mousse phénolique. Ils ont aussi des racines, qui sont créées par injection sous pression de polyuréthane, qui s'étend dans le sable dans un rayon pouvant atteindre jusqu'à 20 m. Ibanez Alba a donné à ses arbres expérimentaux l'apparence de palmiers. Ils les a étudiés pendant quatre ans en laboratoire.

La nuit, dans des régions où les écarts de température peuvent atteindre une soixantaine de degrés, l'arbre, chauffé par le Soleil pendant le jour, sert de piège à condensation. Les matières plastiques spécialement conçues dont il est formé (elles sont traversées de tubes qui servent de capillaires), "fabriquent" donc de l'eau, de manière totalement passive. Mais le jour, la libération de cette eau par le mécanisme inverse, sous forme d'évaporation, est beaucoup plus longue.

Quand une surface est plantée de dizaines de milliers de pareils arbres, la libération de centaines de milliers de mètres cubes de vapeur d'eau dans l'atmosphère finit par créer des nuages. Il y a alors stabilisation du climat. Dès lors, les nuages venus des côtes peuvent pénétrer à l'intérieur du Sahara et précipiter, les températures étant moins élevées et n'entraînant donc pas la vaporisation quasi instantanée des précipitations. On peut alors espérer, en une dizaine d'années, une fertilisation du Sahara.

L'intérêt de la méthode d'Ibanez Alba est que ses arbres n'ont pas besoin d'irrigation. L'aspect critique de toutes les tentatives de reforestation destinées, justement, à capter l'humidité dans des zones arides, est qu'il faut commencer par créer un système d'irrigation fort coûteux. C'est-à-dire qu'il faut tout de suite investir en eau pour avoir de l'eau beaucoup plus tard.

La Mauritanie, le Maroc, l'Algérie et la Libye sont intéressés par le projet. La Libye compte implanter bientôt entre 30 et 40 arbres dans la région sise entre Sebha et Tripoli.

GÉNÉTIQUE

Une découverte "de rêve" : celle du gène de la neurofibromatose

La neurofibromatose est une maladie héréditaire du système nerveux qui, dans des cas exceptionnels, entraîne des déformations telles que celle qui fut rendue célèbre par un film, *Elephant Man*, consacré à un malade londonien célèbre et monstrueux du XIXe siècle, John Merrick. Celui-ci souffrait de la forme de la maladie dite syndrome de Protée, qui affecte les os du crâne. Dans l'immense majorité des cas, elle n'entraîne que des symptômes relativement discrets, taches sur la peau, tumeurs cutanées et nerveuses et difficultés d'apprentissage. Elle atteint environ une personne sur 4 000.

En juillet dernier, deux équipes de biologistes moléculaires, l'une dirigée à l'université de l'Utah par Ray White, l'autre constituée de chercheurs des universités du Michigan et de Washington, et dirigée par Francis Collins, découvraient le gène de cette maladie. Elles le cherchaient depuis trois ans. La quête avait été longue, parce qu'il avait fallu d'abord étudier les ADN de 120 familles dont il était prouvé qu'elles portaient le gène malformé.

Quand ce fut fait, on établit que le gène siégeait sur le 17e chromosome, où l'on avait relevé des translocations, c'est-à-dire des déplacements de fragments de chromosomes. C'était en 1987.

A y regarder de plus près, on s'avisa que le gène dit de la neurofibromatose est géant : il contient trois autres gènes, et il fallait savoir lequel de ces trois était en cause. Ce qui fut donc fait cette année.

La découverte a eu beaucoup de retentissement parce qu'elle intéresse toutefois bien d'autres malades. En effet, "le gène de la neurofibromatose", c'est-à-dire celui qui, lorsqu'il est déréglé, entraîne cette maladie, possède à l'état normal une caractéristique précieuse : il produit aussi une protéine dont on pensait déjà qu'elle joue un rôle dans la prévention du cancer. Quand une personne hérite d'une forme du gène qui est défectueuse, l'une des conséquences est évidemment que la neurofibromatose se déclare, mais aussi que l'organisme dispose d'une arme de moins pour contrôler l'éventuelle croissance de cancers.

La protéine est la GTP, comme le précisait une étude parue dans la revue *Cell* de juillet dernier.

Les perspectives à long terme sont l'intervention génétique, évidemment, puis la synthèse et la mise à l'essai de la GTP dans des traitements anticancéreux.

Les articles de cette rubrique ont été réalisés par Gerald Messadié.

VIROLOGIE

Le virus mutant de l'hépatite B

Une affaire singulière vient d'être rapportée par *The Lancet* (11 août 1990). 44 patients italiens sur 1 590 vaccinés contre l'hépatite B avec deux vaccins sériques répondant aux spécifications de l'Organisation mondiale de la Santé ont développé une infection causée par une forme mutante du virus HBV de l'hépatite. Chez 32 des 44 vaccinés, l'infection a été confirmée par des marqueurs témoignant bien de la réplication du nouveau virus et, dans un cas, celui d'une jeune enfant, une hépatite grave s'est déclarée.

Il convient, bien évidemment, de préciser que ce n'est pas « le vaccin qui aurait donné l'hépatite », comme le souligne le Pr C. Brechot, de l'Institut Pasteur. L'hypothèse est que la mutation s'effectue quand le virus est soumis à une forte pression du système immunitaire.

Pour mémoire, rappelons qu'on a jusqu'ici répertorié 5 types de virus de l'hépatite :

- A, constitué d'un seul brin d'ARN non enveloppé, contracté par contact fécal-oral, à faible taux de mortalité et ne causant pas de maladie chronique du foie ;
- B, constitué d'un double brin d'ADN enveloppé, contracté par voie parentérale (de sang à sang), à taux élevé de mortalité et causant dans un grand nombre de cas une affection chronique du foie (cirrhose, cancer) ;
- C, constitué d'un double brin d'ARN enveloppé, contracté également par voie parentérale, à taux de mortalité moyen et causant dans un grand nombre de cas une maladie chronique, comme B ;
- D, constitué d'un seul brin d'ARN, enveloppé et circulaire, contracté en même temps que B et présentant donc des risques associés ;
- et E, constitué d'un seul brin d'ARN non enveloppé, contracté par contact fécal-oral, à taux de mortalité élevé dans les cas de grossesse, mais n'entraînant pas de maladie chronique du foie.



OPTIQUE

Un cadran solaire qui fait reculer les heures

Christof Schissler, orfèvre allemand du XVIe siècle, créa un cadran solaire absolument unique en son genre et appelé le Bol d'Ahaz.

Celui-ci passait pour présenter deux caractéristiques, l'une unique, l'autre exceptionnelle. La première était qu'il faisait reculer le temps. Il aurait fait allusion, d'où son nom, à un épisode biblique où le roi Ezéchée, fils du roi Ahaz, reçut à son chevet le prophète Isaïe, qui lui annonça sa mort imminente. Ezéchée supplia le Seigneur de le laisser vivre encore ; touché par les lamentations du roi, le Seigneur lui envoya une nouvelle fois Isaïe pour l'informer d'un sursis de quinze ans. Quand Ezéchée demanda, pour s'en assurer, un signe divin, le Seigneur répondit : « Je ferai en sorte que les ombres du Soleil reculent de dix pas sur les traces d'Ahaz. » La seconde particularité est que ce cadran solaire disait l'heure en n'importe quel point de l'Europe et pas seulement à Nuremberg, où le cadran fut conçu. Normalement, en effet, un cadran solaire ne dit l'heure que pour le lieu où il a été réalisé.

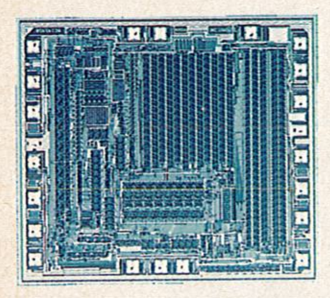
D'un diamètre de 33 cm, en laiton doré, le cadran, que nous présentons ici reconstitué, comporte un ornement particulier : une figurine de Maure qui lève la main ; un fil muni d'une bille de bronze réunit sa main au fond du bol. Ce prodige souffrit du temps et fut en 1765 remis en pièces détachées par les rosicruciens à l'American Philosophical Society de Philadelphie. Vers la fin du siècle dernier, quelques experts essayèrent de remonter l'objet, mais en vain. Il n'indiquait pas correctement l'heure et faisait encore moins reculer le temps.

En 1960, Owen Gingerich, professeur d'astronomie et d'histoire des sciences à l'université Harvard, et son collègue astronome Philip Sadler, reprirent l'affaire à zéro. Et ils découvrirent que, contrairement aux montages précédents, le fil qui part de la main du Maure doit être attaché au centre du bol, et non, comme on l'avait fait pour calculer l'heure à Philadelphie, mais seulement dans cette ville, à un bord du bol. Et ensuite que ce bol ne fonctionne correctement que lorsqu'il est rempli d'eau. C'est alors qu'en faisant glisser la bille le long du fil jusqu'à ce que son ombre corresponde à la latitude correspondant au lieu d'observation, on obtient une lecture de l'heure correcte. Enfin, correcte dans le sens que veut la seconde caractéristique du cadran. En effet, par le jeu de la curvature du bol et de la réfraction de l'eau, l'ombre de la bille indique une heure exactement en retard d'une heure ! ●

MICROPROCESSEUR EN DIAMANT

Depuis 3 000 ans qu'il est connu, le diamant a été recherché comme parure pour son éclat et comme outil pour sa dureté. Mais il détient encore un autre record qui intéresse beaucoup l'électronique : c'est le meilleur conducteur de la chaleur, et on sait aujourd'hui le déposer sur les microprocesseurs dont l'échauffement limite les performances.

PAR RENAUD DE LA TAILLE



Si les alchimistes avaient su que le diamant n'est que du carbone cristallisé, nul doute qu'ils n'aient bien vite délaissé la transmutation du plomb en or pour la transformation du charbon de bois en pierre précieuse. Chose amusante, on sait aujourd'hui faire à grands frais quelques molécules d'or à partir de plomb dans les accélérateurs de particules alors qu'on fabrique des diamants à la tonne à partir du charbon.

Ceux-là ne sont d'ailleurs pas destinés à la parure (en principe ceux des bagues viennent toujours des mines), mais à l'industrie, qui en a un besoin vital pour les meules, les forets, les trépans à forer les puits ou les tunnels, et d'une manière générale pour tous les outils de coupe qui ont à usiner les matériaux durs.

On se sert aussi pour cela des innombrables diamants extraits des mines qui n'ont pas la qualité "gemme" — tous ceux qui ne sont pas parfaitement transparents et sans défauts internes, autrement dit l'immense majorité. Mais pour l'usage industriel, les diamants de synthèse sont plus intéressants que les naturels parce que de formes et de dimensions plus régulières.

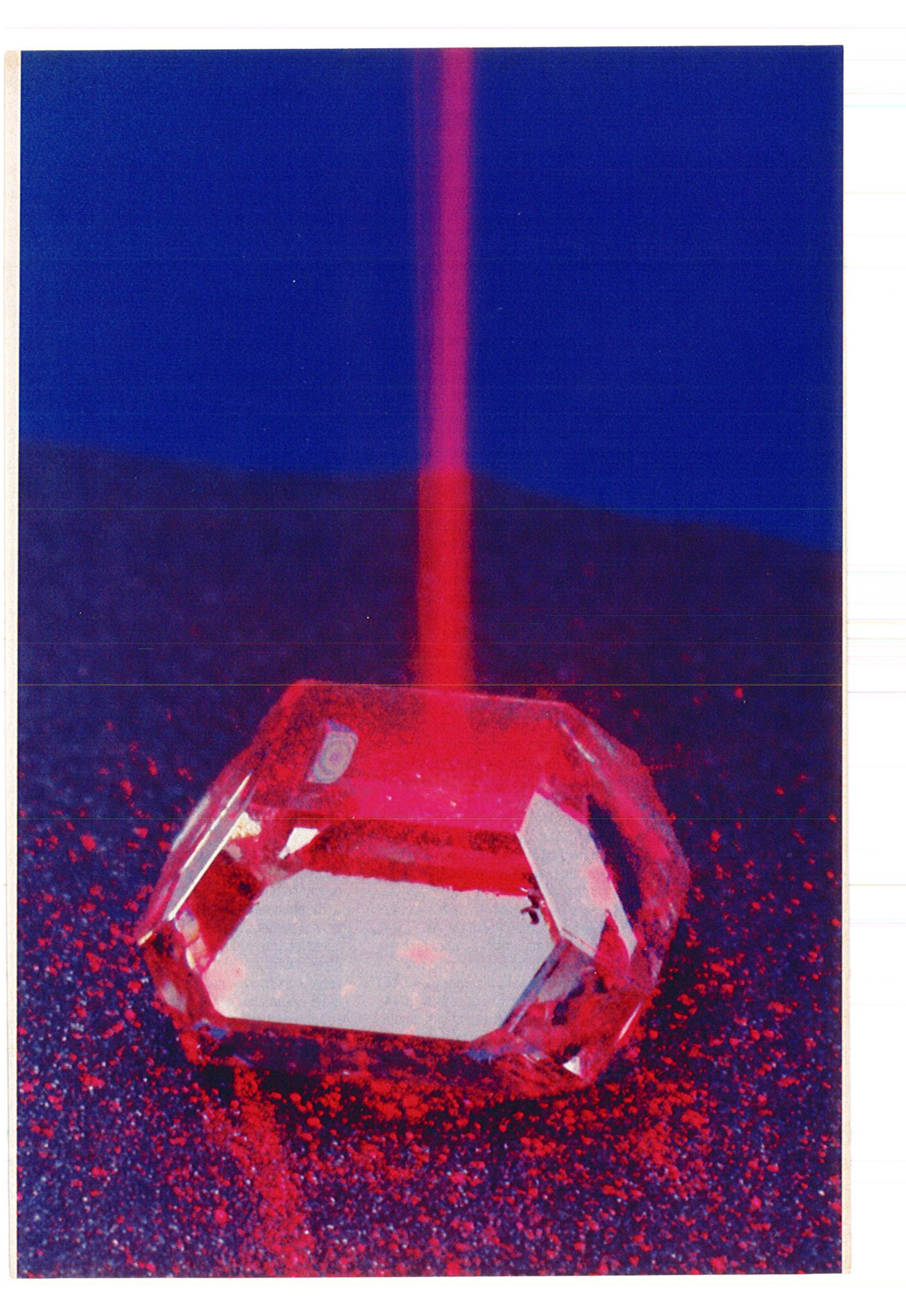
Qui plus est, on sait maintenant déposer le diamant de synthèse en couche mince, ce qu'on ne saurait faire en partant d'un solitaire de 5 carats — le carat, nom ésotérique et commercial du cinquième de gramme. Or, le diamant en couche mince a non seulement un grand intérêt comme revêtement des outils de coupe, mais il est plus important encore pour l'industrie des microprocesseurs.

On sait que le microprocesseur regroupe des millions de transistors sur une surface inférieure à celle d'un timbre-poste ; mais le courant qui traverse ces transistors dégage de la chaleur par effet Joule, et cette chaleur est très difficile à évacuer parce que le silicium n'est pas un bon conducteur de la chaleur. La densité et l'efficacité des composants sur un circuit intégré se trouvent donc limitées par un problème d'échauffement.

Celui-ci serait réglé si on pouvait remplacer le silicium par du carbone cristallisé, autrement dit du diamant, et il est déjà beaucoup moins gênant si le silicium est revêtu de diamant qui va servir à dissiper la chaleur. C'est une technique récente mais qui progresse beaucoup au fil des ans, et du même coup d'autres applications apparaissent à mesure que le procédé s'affine et devient moins cher : fenêtres pour certains instruments scientifiques, revêtement inaltérable et qui ne se raie pas pour les lentilles, optique laser et ainsi de suite.

Il fallut attendre la fin du XVII[e] siècle (1694 à Florence, puis 1695 à Vienne) pour savoir que le diamant n'est pas un minéral comme les autres : il est sensible au feu et brûle sans laisser de cendres. Contrairement à tout ce que l'on croyait, c'est donc

Ce diamant de synthèse supporte sans dommage le rayon laser qui aurait volatilisé toute autre substance transparente. Grâce à sa formidable conduction de la chaleur, il permettra, si on le dépose en couche mince sur les microprocesseurs, d'évacuer la chaleur dégagée par les millions de transistors sous l'effet du courant.



un combustible — bien qu'il soit difficile à enflammer puisqu'il fallut un feu de forge.

Un siècle passera avant qu'un chimiste anglais, Tennant, ne déclare que le diamant n'est rien d'autre que du charbon sous une forme différente ; enfin, en 1840, Dumas et Stas prouvent devant l'Académie des sciences qu'il s'agit de carbone pur cristallisé dans le système cubique. Le diamant est donc de même nature que le graphite (carbone hexagonal).

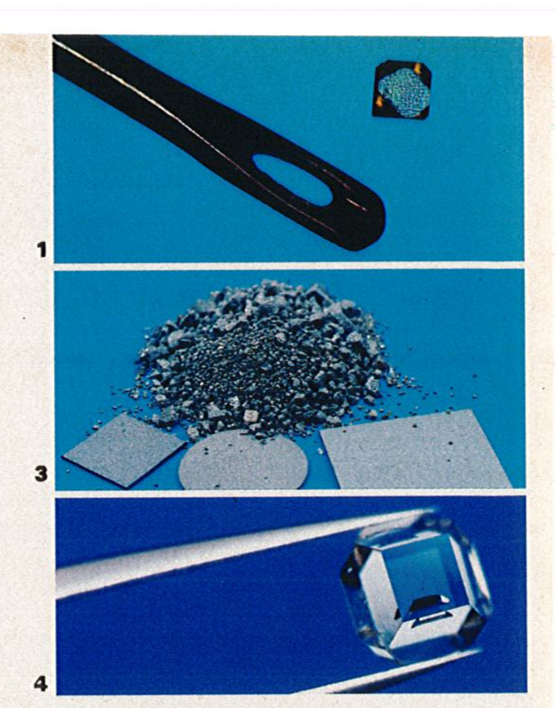
Cette différence dans l'arrangement régulier des atomes de carbone — ils sont plus serrés dans le réseau cubique que dans la maille hexagonale — suffit à ce que les propriétés des deux éléments soient presque opposées : l'un est transparent, l'autre noir opaque; l'un est dur, l'autre mou au point de servir de lubrifiant ; l'un est isolant, l'autre conducteur, et ainsi de suite.

Regardons maintenant de plus près les propriétés physiques du diamant ; sa densité est de 3,5 et son indice de réfraction de 2,4. C'est cet indice de réfraction élevé (le verre va de 1,5 à 1,9) qui explique son éclat : taillé en facettes qui font des angles bien précis entre elles, la lumière qui y pénètre ne peut le traverser et ressort donc automatiquement là où elle est entrée après avoir été réfléchie et réfractée.

Sa dispersion étant de plus importante (0,044 — le bleu est nettement plus dévié que le rouge), un diamant même petit agit comme un fort prisme et renvoie les diverses teintes de l'arc-en-ciel comme des étincelles de couleurs. Ce n'est pas son seul intérêt optique : contrairement au verre (silice amorphe mêlée à d'autres oxydes) ou au quartz (silice cristallisée), le diamant est transparent non seulement à la lumière visible, mais à l'infrarouge, à l'ultraviolet et même aux rayons X.

Cette caractéristique est d'importance essentielle pour certaines applications, comme les fenêtres de lasers émettant dans l'infrarouge. Elle serait également fort intéressante pour faire des lentilles, d'autant plus que l'indice de réfraction est très élevé, mais la dimension d'un diamant de maharajah ne suffirait même pas à faire un objectif de jumelle — en revanche on a fait des lentilles de microscopes (quelques millimètres de diamètre) en diamant.

Ces lentilles ou fenêtres sont d'autant plus intéressantes qu'elles ne se raient pas et sont inaltérables. Le diamant est en effet le minéral le plus dur connu ; il est au sommet de l'échelle de Mohs (classement par résistance à la rayure) avec 10, suivi du carbure de silicium 9,5, puis du corindon 9. Certains experts gemmologues considèrent d'ailleurs que cette échelle qualitative reflète mal la réalité et lui préfèrent l'échelle quantitative de Rosival fondée sur la résistance à l'usure : le diamant culmine à 140 000, le corindon ne faisant que 1 000. On mesure quel fossé sépare ces deux minéraux, alors que le corindon (oxyde d'aluminium, dit saphir s'il est bleu ou rubis s'il est rouge) est déjà un abrasif industriel auquel rien ne résiste — sauf le diamant bien sûr. Toutefois, et comme c'est presque toujours le cas avec les matériaux très durs du type céramique, le diamant est fragile aux chocs selon certaines directions de la maille cristalline.



Une conductivité thermique de 50 % supérieure à celle du diamant naturel. Les nouveaux diamants de synthèse de General Electric (USA) à 99,9 % de carbone 12 sont réalisés en deux étapes : un minuscule cristal synthétique de diamant (**1**) sert de germe à la croissance d'une feuille de diamant polycristallin (**2**) obtenu par dépôt en phase vapeur à basse pression. Cette mince écorce est ensuite mise en poudre (**3**) puis chauffée à très haute pression en présence d'un métal qui sert de catalyseur pour donner un monocristal de qualité "gemme" (**4**). Sa conductivité thermique est 8 fois meilleure que celle de l'argent et 1,5 fois celle du diamant normal, 99 % de carbone 12 et 1 % de carbone 13, qui est pourtant déjà de fort loin le meilleur conducteur de la chaleur.

Du point de vue électrique le diamant est isolant, mais il devient semi-conducteur quand il renferme quelques traces de bore qui lui donnent une teinte bleue ou grise. Si l'on considère maintenant les propriétés thermiques, on va de nouveau remonter à des sommets, bien que cet aspect-là du carbone cubique soit infiniment moins connu que son éclat ou sa dureté.

La conduction thermique est cette faculté qu'ont certains matériaux de conduire la chaleur plus ou moins vite. C'est une propriété qui a son importance non seulement dans l'industrie (fonte des métaux, soudage, laminoirs, fours, etc.), mais aussi dans la vie courante, et en particulier à la cuisine : si l'on peut remuer sans risque des boulettes de viande dans une poêle à frire avec une cuiller en bois, il faut du courage pour faire la même chose avec une

fourchette en inox, et une vraie bravoure pour continuer un peu longtemps l'opération avec une louche en argent.

Tous les métaux, on le sait, conduisent plutôt bien la chaleur, quoiqu'il y ait des différences fort sensibles : on peut sans trop de mal remettre en place les braises dans la cheminée avec un tisonnier en fer, mais on se brûlerait très vite les doigts avec une tige de cuivre. Les physiciens ont depuis longtemps mesuré cette conductivité thermique qui est assez facile à mettre en évidence.

On pique à l'horizontale à travers la paroi d'un baril vertical des tiges de taille identique, mais faites de matériaux différents et toutes enduites d'une fine couche de cire (expérience d'Ingenhousz) ; elles dépassent à l'intérieur d'une longueur égale. On verse ensuite de l'eau chaude dans le baril et, au bout d'un temps donné, on mesure sur chaque tige la longueur de cire fondue : elle est évidemment d'autant plus grande que la tige est meilleur conducteur de la chaleur. Or, même avec les métaux, il y a des écarts très nets. Cette conductibilité s'évalue en watts par mètre.kelvin.

L'argent est à 420, suivi du cuivre à 390 et de l'or à 310 ; le fer n'est plus qu'à 60, le corindon à 30, le verre à 10. Il est plus difficile de trouver les chiffres concernant le diamant, et les valeurs que nous citons sont tirées du remarquable mémoire de diplôme universitaire de gemmologie (*le Diamant synthétique*) présenté par Mme Sirakian devant la faculté des sciences de Nantes. Le diamant, donc, va selon le degré de pureté de 1 500 à 2 600 W/(m.K) avec une moyenne de 2 000 W/(m.K) ; il est donc 5 fois meilleur conducteur de la chaleur que l'argent.

Voilà donc un élément (car le carbone est un corps simple au sens de la chimie) qui est à la fois le plus dur, le plus transparent à toutes les radiations et le meilleur conducteur de la chaleur. Ces qualités

2



auraient dû lui assurer des débouchés techniques innombrables, alors qu'il restait cantonné dans les abrasifs comme un simple papier de verre. C'est qu'il y avait un ennui, et de taille : le diamant naturel est plutôt rare, et sa synthèse reste difficile.

Dès que les chimistes eurent prouvé que le diamant n'est que du carbone, quantité de chercheurs s'efforcèrent de le cristalliser, à la fois pour la science et pour faire fortune. Le gros obstacle vint de ce que le carbone, dans les conditions normales de température et de pression, se met automatiquement dans le réseau hexagonal du graphite.

Il fallut attendre le chimiste Moissan pour savoir que le carbone fondu — ce qui réclamait déjà les très hautes températures de l'arc électrique — ne prenait la maille cubique que s'il était refroidi lentement sous une pression colossale. A l'époque (autour de 1900), le seul moyen d'obtenir ces pressions était l'explosif, et il y eut d'innombrables expériences effectuées ; les résultats furent décevants, la chute de pression et de température étant trop rapide.

Le progrès décisif sera l'œuvre du professeur Bridgman, de l'université de Harvard (USA), qui mettra au point des presses hydrauliques capables de confiner un petit volume de la taille d'une noix à la fantastique pression de 400 000 bars — le bar est très proche de l'ancien kgf/cm^2 ; on aura une plus juste idée de ce record en sachant que c'est 200 fois la pression qu'il y a dans le canon d'un fusil au départ du coup.

La haute pression était donc atteinte, mais il manquait la température, car dans la gamme des 1 000 à 2 000°C la presse de Bridgman ne pouvait dépasser 35 000 bars. Un autre Américain, Tracy Hall, travaillant pour la General Electric dans un laboratoire de recherche proche de New York, la perfectionnera et réussira à avoir simultanément la haute pression et la haute température : le 16 décembre 1954, il obtenait les premiers diamants de synthèse.

La production commerciale démarra en 1957 et la technique de la haute pression fut constamment améliorée. En général, on utilise un solvant métallique (fer, nickel, manganèse, etc) qui permet de faire la synthèse à moindre pression et avec une température plus basse — 75 000 bars et 1 600°C —, mais à 140 000 bars et à 2 000°C à peu près n'importe quelle substance à base de carbone mène au diamant : cire, sucre ou même cacahuète (avec un excellent rendement de conversion de 60 %).

Toutefois, on part le plus souvent du graphite. Cette technique, largement utilisée aujourd'hui, ne donne en pratique que des cristaux ayant les dimensions d'une poudre fine. Le débouché est entièrement celui des abrasifs. On sait pourtant faire avec ces presses des diamants de qualité "gemme" allant jusqu'au gramme, mais les responsables des firmes concernées, qu'elles soient américaines, sud-africaines, russes ou japonaises, ont toujours dit qu'ils revenaient plus cher que les diamants naturels...

D'un autre côté, les progrès réalisés dans la connaissance de la matière et des structures cristallines ouvrirent la voie à une autre forme de synthèse : le dépôt en phase vapeur à basse pression. Les japonais furent les premiers à maîtriser ce procédé, puis à le commercialiser à partir de 1980. Il consiste à introduire dans une enceinte où règne une très basse pression un mélange d'hydrogène et d'un hydrocarbure comme le méthane ou l'acétylène.

Pour mesurer la conductivité thermique ▶ des nouveaux diamants de synthèse, il faut tout un équipement reposant sur la transmission d'un rayon laser. Ces diamants ont une telle transparence aux rayonnements et une si bonne diffusion de la chaleur qu'ils sont dix fois plus résistants que les diamants naturels aux effets destructeurs des lasers à très grande puissance.

Ce mélange est ensuite porté à une température de l'ordre de 2 000°C, soit par microondes, soit par un filament de tungstène, soit par une décharge électrique. A cette température, les liaisons des molécules du mélange sont brisées et il se forme un plasma d'atomes ionisés dans l'enceinte où se trouve un substrat qui est en général du silicium mais peut être aussi un métal, une céramique ou un diamant.

Les atomes de carbone viennent se déposer sur le substrat chauffé aux environs de 600 à 1 000°C en s'organisant suivant la structure cristalline du diamant. Bien que mal expliquée, la présence d'une énorme quantité d'hydrogène est indispensable car elle empêche la formation de liaisons doubles (maille hexagonale du graphite) entre atomes de carbone et favorise les liaisons simples du réseau cubique. Le mélange le plus classique renferme 1% de méthane pour 99 % d'hydrogène.

Dans le monde entier, de nombreux laboratoires utilisent ce procédé, et on peut citer en France Thomson, l'Institut de physique nucléaire (IPN) de Lyon et l'Institut de physique et chimie des matériaux (IPCM) de Nantes. Les couches diamant obtenues mesurent jusqu'à 30 cm de long pour 4 cm de large ; l'épaisseur peut dépasser le mm. La structure de ces lames est le plus souvent polycristalline, c'est-à-dire qu'il s'agit d'un agglomérat de microcristaux dont la conductivité thermique, bien que très élevée — de 800 à 1 200 W/(m.K) — est inférieure à celle du monocristal.

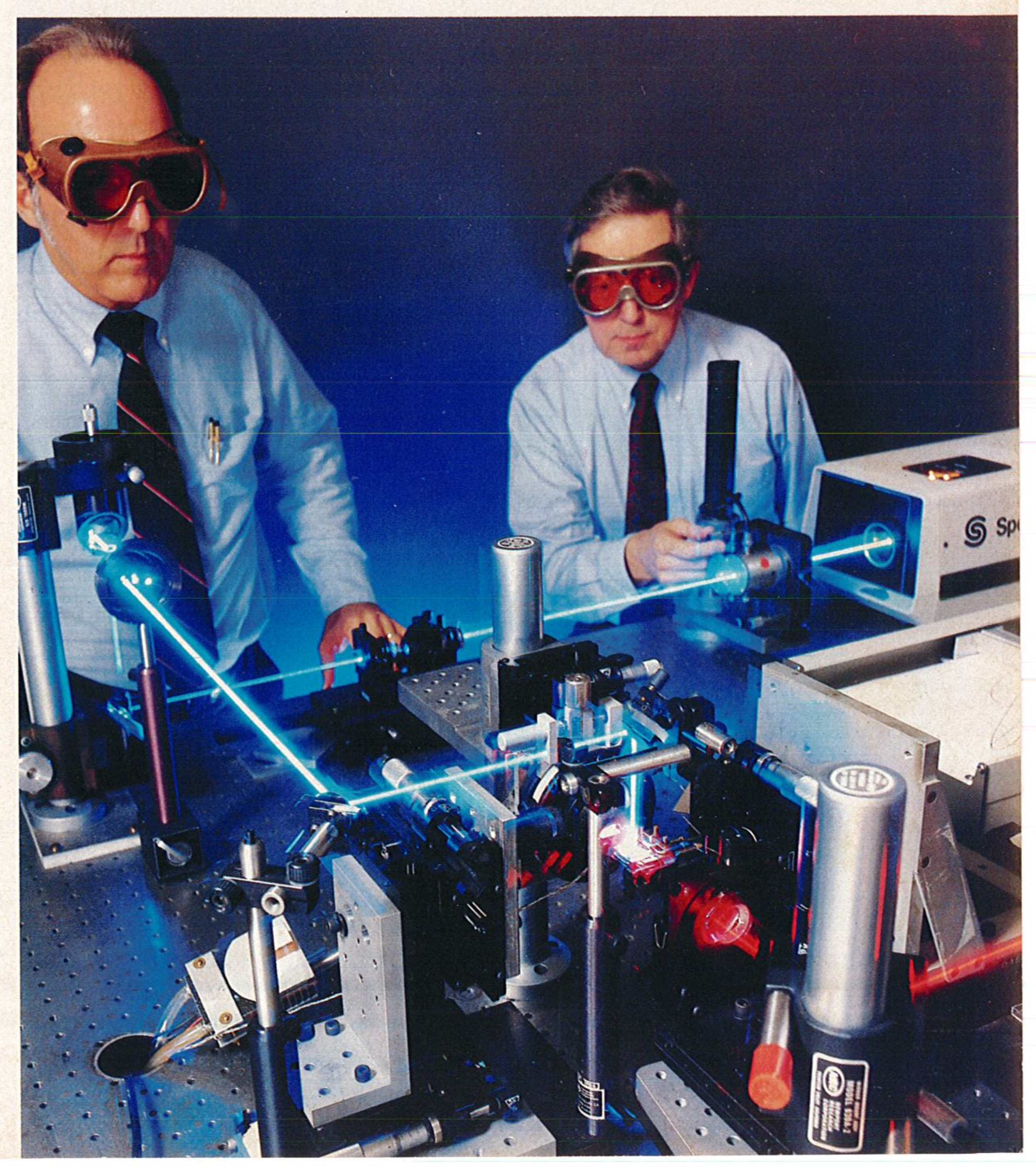
Mais celui-ci exige pour sa formation un substrat dont l'arrangement atomique soit le même que celui du diamant (croissance épitaxiale) ; on a donc pu faire croître des monocristaux sur du diamant — ce qui permettrait de gonfler les diamants naturels — ou sur le nitrure de bore dont la maille cristalline

est presque identique à celle du diamant.

Actuellement, le procédé est surtout utilisé en dépôt sur le silicium des circuits intégrés pour assurer une bonne dissipation de la chaleur dégagée par le passage du courant dans les millions de jonctions qui y sont gravées. Tout récemment, la General Electric a pu faire mieux encore dans ce domaine en réalisant un diamant de synthèse, constitué à 99,9 % de carbone 12, dont la conductivité thermique atteint 3 500 W/(m.K).

Le diamant naturel comprend en effet 99 % de carbone 12 et 1 % de carbone 13 — isotopes du carbone dont l'atome comporte respectivement 6 protons/6 neutrons et 6 protons/7 neutrons. Du point de vue thermique, le carbone 13 se comporte comme une impureté qui freine la conduction de la chaleur. La fabrication du diamant à 99,9 % de carbone 12 fait appel aux deux procédés de synthèse : le dépôt en phase vapeur à partir de méthane enrichi en carbone 12, puis la presse haute pression

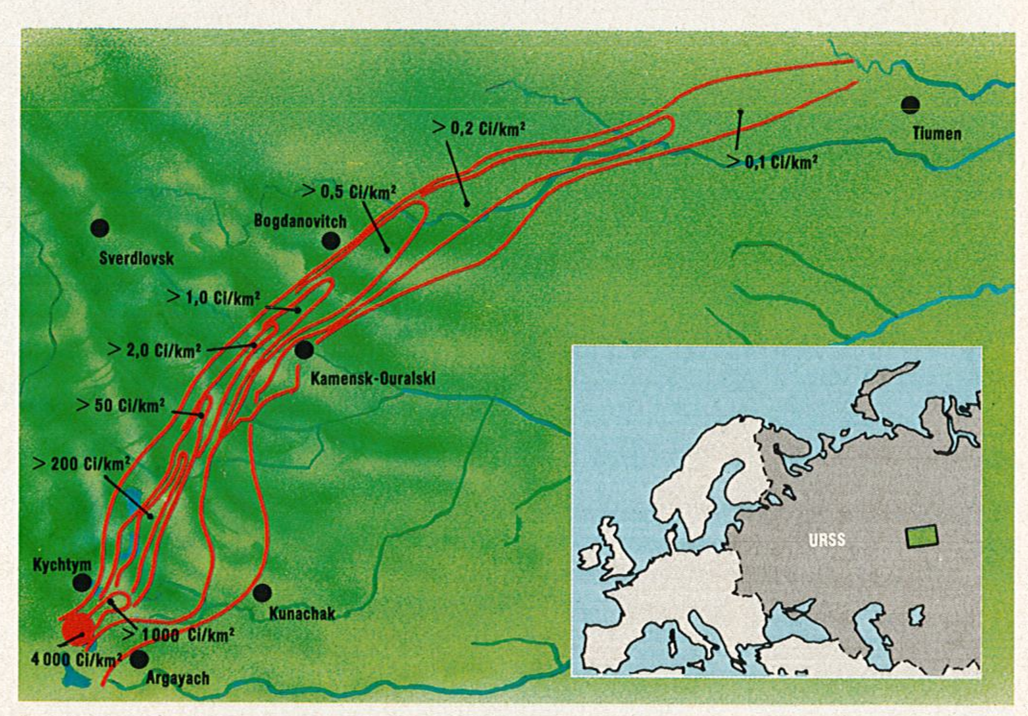
(suite du texte page 180)



ENFIN UNE DEMI-VÉRITÉ SUR L'AUTRE TCHERNOBYL

Trente-trois ans plus tard, les Soviétiques lèvent à demi le voile sur l'un de leurs secrets les mieux gardés, la catastrophe nucléaire de Kychtym, qui fit de cette région la zone la plus polluée de la planète. C'est-à-dire qu'ils en reconnaissent au moins l'existence. Mais sur les conséquences ils continuent à montrer un optimisme qui paraît extrêmement suspect aux scientifiques français que nous avons consultés.

PAR J.-R. GERMAIN, J. DENIS-LEMPEREUR ET I. NEKHAMKIN (ENQUETE)



La "trace" nucléaire de l'explosion de Kychtym s'étend sur trois cents kilomètres vers le nord-est, entre des zones peuplées de l'Oural industriel — ainsi, la ville de Sverdlovsk compte plus d'un million d'habitants. La largeur de la trace varie de trente à cinquante kilomètres. Les courbes de niveau délimitent différents degrés d'irradiation des terrains par le strontium 90. La limite extérieure de la "trace" a été fixée à 0,1 Ci/km². La zone la plus irradiée (17 km²) atteint 4 000 Ci/km².

Trente-trois ans avant Tchernobyl, l'URSS a subi dans l'Oural une catastrophe nucléaire de grande ampleur : 2 millions de curies ([1]) auraient été rejetés dans l'atmosphère le 29 septembre 1957, à 16 h 20, polluant la région de Kychtym, dans l'Oural, entre Sverdlovsk et Tcheliabinsk. Il s'agissait du premier centre soviétique de production de plutonium militaire édifié dès 1949, sous la conduite de l'académicien Igor Kourtchatov, et aucune information ne transpira en URSS ni à l'étranger ([2]). Le site contient des réacteurs plutonigènes pour fabriquer les charges nucléaires des missiles. Sur les six réacteurs, quatre viennent d'être fermés cette année. Le cinquième le sera courant octobre. Quant au dernier, il fonctionne encore.

L'un des premiers à avoir eu vent de l'affaire fut le biologiste soviétique dissident, Jaures Medvedev. Il résidait en Angleterre et, à l'analyse d'articles publiés dans d'obscures revues de botanique sur la diffusion du strontium 90 dans l'environnement, se douta de quelque chose. Il le fit publiquement savoir. Son analyse de la situation à Kychtym fut publiée en anglais en 1979 dans un ouvrage maintenant bien connu, *le Désastre nucléaire de l'Oural* (traduit depuis en français par les éditions Isoète de Cherbourg). Des la parution, les faits reconstitués par Medvedev furent confirmés par la CIA : une catastrophe nucléaire s'était bien produite à Kychtym. Une vaste région alentour avait été évacuée.

Rares sont les personnes qui ont pu pénétrer sur la zone interdite. Iosif Nekhamkin, journaliste scientifique soviétique, a profité de la glastnost pour visiter le site. Le récit qu'il nous a confié pourra surprendre par son optimisme, notamment lorsqu'il précise que la catastrophe n'aurait pas fait de victimes ni au moment de l'accident ni à plus long terme et que la majeure partie des territoires contaminés auraient été redonnés à l'agriculture. Ses conclusions corroborent néanmoins celles des rapports publiés dans la presse scientifique soviétique sous la direction de Boris V. Nikipelov, vice-ministre de l'Energie et de l'Industrie nucléaire et communiqués à l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), à Vienne. Cette apparente confirmation ne prouve rien : essayons d'y voir plus clair.

Précisons d'emblée que tout le monde ne partage pas l'optimisme soviétique. Ainsi, selon deux chercheurs américains du Natural Resources Defense Council, Thomas Cochran et Robert Standish Norris, il n'y a pas que l'accident de 1957 à considérer. « Kychtym est l'endroit le plus contaminé de la planète », disent-ils. Les rejets radioactifs provenant du centre nucléaire, déversés au cours des années dans les lacs et les rivières auraient atteint, selon eux, le chiffre record de 120 millions de curies, soit deux fois et demie les doses relâchées par Tchernobyl. Il faudra attendre six cents ans, expliquent-ils, pour que le niveau de radioactivité redescende au taux encore dangereux de 120 curies. Encore aujourd'hui, affirment ces deux chercheurs, quelqu'un qui resterait sur le site à l'endroit le plus contaminé serait exposé à une dose de 500 rad/heure, suffisante pour tuer un homme en une heure seulement.



Aux frontières du territoire contaminé, deux panneaux apparement contradictoires : "Danger-radiation" et "Réserve d'Etat". La zone irradiée sert de terrain d'expérimentation sur les effets du rayonnement.

La contradiction entre les déclarations soviétiques et les estimations américaines est donc radicale. Les Soviétiques continuent-ils à mentir pour protéger leur programme nucléaire ? Et ont-ils poussé le mensonge jusqu'au crime en réinstallant des populations sur des territoires radioactifs ? Pis, ces populations auraient-elles servi de cobayes ? Et la région contaminée de laboratoire ? Ou bien existerait-il vraiment un moyen de décontaminer des ter-

ritoires radioactifs ? Les experts internationaux qui commencent maintenant à visiter le site auront-ils un jour toutes les données pour trancher ?

Voici, en attendant, la version de Iosif Nekhamkin, entrecoupée de quelques commentaires (en italique) de Monique Séné, physicienne au CNRS et présidente du Groupement de scientifiques pour l'information sur l'énergie nucléaire.

Fondée en 1946 dans l'Oural du Sud par Igor Kourtchatov, le physicien responsable du programme soviétique de la bombe H, la première ville atomique, Tchéliabinsk-40 ou "la quarante", est située à une centaine de kilomètres de Tchéliabinsk, au milieu de forêts et de lacs. Elle ne figure encore aujourd'hui sur aucune carte, bien que le site soit historique : c'est là que commença à fonctionner, en 1948, le premier réacteur destiné à fournir du plutonium. Ce qui permit, le 29 août 1949, de réaliser la première explosion nucléaire soviétique sur le polygone d'essais nucléaires de Sémipalatinsk. Le monopole atomique de l'Ouest avait pris fin ; l'"équilibre de la terreur" commençait.

A Tcheliabinsk-40, on était très fier d'avoir démenti les experts américains, qui estimaient l'URSS incapable de fabriquer sa propre bombe avant quinze ou vingt ans. Mais la vie y restait difficile. Ses habitants, tous travailleurs de l'atome, devaient assumer des cadences de recherche, de construction et de production sans cesse accrues.

Pour le traitement du combustible nucléaire et l'extraction du plutonium, une usine d'enrichissement avait été construite. Il fallait donc apprendre à maîtriser le maniement des déchets radioactifs. On en ignorait presque tout : de 1949 à 1952, on déversa dans un plan d'eau plusieurs millions de curies d'éléments radioactifs. Les responsables, ayant fini par soupçonner les dangers de cette pratique, décidèrent de stocker les déchets dans de grands réservoirs.

M. Séné : *Le retraitement des combustibles irradiés d'où l'on extrait le plutonium entraîne des déchets hautement radioactifs, appelés produits de fission et dégageant une chaleur intense. Ces déchets se présentent sous forme liquide et doivent être stockés et refroidis pendant de longues périodes dans des enceintes spéciales. C'est ce type de déchets qui est brassé et refroidi en permanence dans d'immenses cuves dans l'usine de retraitement française de La Hague, à la pointe du Cotentin.*

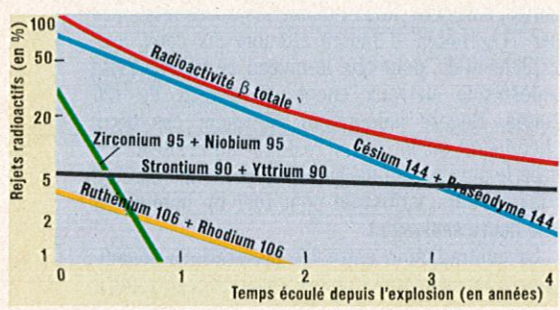
A Kychtym, ces dépôts étaient constitués d'un ensemble de 60 réservoirs souterrains en acier inoxydable. Chaque réservoir, d'un volume de 250 m³, était installé dans une sorte de fosse en béton aux parois de 60 cm d'épaisseur. La fosse de chaque réservoir était recouverte d'une dalle de 150 cm en béton d'un poids avoisinant les 160 t. Les réservoirs étaient refroidis en permanence grâce à une circulation d'eau à l'intérieur des fosses. La température à l'intérieur des cuves se situait autour de 300 à 350°C. Plusieurs fois par jour, des équipes spécialisées vérifiaient la température et le niveau des solutions dans les réservoirs.

Le 29 septembre 1957, ces équipes n'avaient rien remarqué d'anormal, sinon que les parois d'un des réservoirs étaient chaudes ; mais les appareils de mesure n'avaient pas détecté d'élévation de la radioactivité. Il n'y avait alors que très peu de temps qu'on avait mis en service le premier réacteur ; dans le monde entier, ingénieurs et physiciens connaissaient encore très mal les processus, qu'ils découvraient au jour le jour.

Or, dans cette boîte de béton, le refroidissement par eau s'était interrompu, provoquant l'échauffement de la matière stockée, puis son ébullition. Les

VOICI CE QU'A REJETÉ KYCHTYM...

Elément	Demi-vie	Type de rayonnement	Pourcentage du total des rejets
Strontium 89	51 jours	β et γ	Traces
Strontium 90 + yttrium 90	28,6 ans	β	5,4
Zirconium 95 + niobium 95	65 jours	β et γ	24,9
Ruthénium 106 + rhodium 106	1 an	β et γ	3,7
Césium 137	30 ans	β et γ	0,036
Césium 144 + praséodyme 144	284 jours	β et γ	66
Prométhéum 147	2,6 ans	β et γ	Traces
Europium 15	55 ans	β et γ	Traces
Plutonium (plusieurs isotopes)		β	Traces



Le graphique montre la décroissance de la radioactivité des différents éléments, pendant les 4 premières années qui ont suivi l'accident, ainsi que leur pourcentage dans le mélange initial. La courbe rouge indique la radioactivité bêta totale. Si le zirconium 95 et le césium 144 ont cessé rapidement d'être actifs sur le site, en revanche le strontium et l'yttrium 90 vont encore polluer pendant des décennies puisque la moitié seulement de leur radioactivité aura disparu au bout d'une trentaine d'années.



Cette image du couvercle de la cuve, éjecté lors de l'explosion, est tirée d'un film projeté aux rares visiteurs admis sur le site.

... ET CE QU'A REÇU LA POPULATION

Population concernée	Contamination en surface (en Ci/km^2)	Délai d'évacuation (en jours)	Dose moyenne	
			Irradiation externe (en rems)	Contamination interne (en rems)
1 150	500	de 7 à 10	17	52
280	65	250	14	44
2 000	18	250	3,9	12
4 200	8,9	330	1,9	5,6
3 100	3,3	670	0,68	2,3

Ce tableau révèle l'ambiguïté des données fournies par les Soviétiques. D'une part, on nous dit qu'il n'y a pas eu de victimes, et, d'autre part, les chiffres ci-dessus, de source officielle, prouvent que les premières personnes à avoir été évacuées (au bout de 7 à 10 jours) ont reçu des doses de plus de 50 rems (rappelons que la norme annuelle à ne pas dépasser pour la population est de 0,5 rem). Les 10 000 habitants des zones dont la radioactivité dépassait 4 Ci/km^2 ont été évacués dans les 8 mois qui ont suivi la catastrophe — ces zones ont été interdites jusqu'en 1961 par un barrage de police.

solutions contenaient, entre autres, du nitrate d'ammonium, un puissant explosif. Au fur et à mesure que ce composé se concentrait et s'échauffait il se rapprochait d'un point critique qui finit par être atteint, ce qui se traduisit par une violente explosion équivalente à de 5 à 10 tonnes de TNT. L'explosion fracassa le réservoir et souffla comme une plume son couvercle de béton, tandis que les parois de la fosse étaient rejetées à plusieurs centaines de mètres de là.

Bien que cette explosion ne fût pas d'origine nucléaire mais chimique exothermique, elle rejeta à proximité du site 90 % des produits radioactifs que contenait le réservoir, tandis que les 10 % restants, soit 2 millions de curies, s'échappaient dans l'atmosphère. Le nuage monta à un kilomètre d'altitude. Un vent fort soufflait ; le nuage se dirigea vers le nord-est, laissant au sol une trace radioactive tout en longueur. Les scientifiques appelèrent celle-ci "VOURS" (*Vostochono-Ouralski Radioactivni Sled*), c'est-à-dire "trace radioactive de l'Oural de l'Est". La trace s'étalait sur plus d'une centaine de kilomètres de long (***voir carte p. 86***).

Un an après l'accident, la zone où le taux de radioactivité était égal ou supérieur à 2 Ci/km² avait la forme d'une ellipse allongée de 105 km sur 8-9 km, soit une surface de plus de 1 000 km².

M. Séné : *En réalité, à l'intérieur de cette ellipse, une autre zone plus réduite (120 km²) et proche du site de l'explosion accusait des niveaux de radioactivité supérieurs à 100 Ci. En certains points, ils atteignaient même 4 000 Ci.*

Et ce territoire est situé dans la région industrielle de l'Oural ! Par chance, la radioactivité ne toucha ni des villes importantes ni des régions très peuplées. Lors de l'explosion, il n'y avait, paraît-il, personne à proximité et, de ce fait, il n'y aurait pas eu de victime. Les travaux de décontamination commencèrent immédiatement, aussi bien près de la "boîte" accidentée que sur le territoire contaminé.

M. Séné : *Etant donné les quantités énormes de radioactivité rejetées, il semble pour le moins curieux qu'il n'y ait pas eu du tout de victime !*

Témoin de l'accident, Ivan Tepliakov, un des responsables de la station expérimentale de Kychtym, a aussi travaillé à la "décontamination" du site.

La décontamination dans l'épicentre de l'explosion fut pénible : elle devait être très rapide et précise, car, tout près de là, vivaient et travaillaient des milliers de personnes. Elle s'étendait à toutes les zones fortement touchées. On interdit immédiatement l'accès du territoire contaminé. Trois, puis vingt villages, soit au total 10 180 habitants, furent évacués. Six cents personnes avaient émigré dans les dix premiers jours des zones attenantes à l'explosion.

Des équipes médicales arrivèrent avec le matériel nécessaire. On commença à faire des relevés topographiques de la zone de contamination. Des milliers de personnes furent examinées et des fiches établies.

Des bulletins médicaux laconiques étaient publiés : « Aucun cas d'irradiation de quelque forme que ce soit. Pas d'atteinte à la moelle épinière. » « Cas isolés d'abaissement du taux des plaquettes sanguines. » « Cas isolés d'altération des fonctions neurologiques. » « Pas de cas d'allergie. »

M. Séné : *Lorsqu'on connaît la précarité des moyens médicaux qui ont été déployés au moment de Tchernobyl, on peut s'interroger sur l'efficacité des moyens de mesure au moment de Kychtym, trente ans plus tôt. A cette époque, la médecine nucléaire, ne l'oublions pas, en était encore à ses balbutiements.*

Trente-trois ans ont passé depuis. La santé des habitants de la région de la première et de la deuxième génération a été déclarée normale par les enquêteurs médicaux.

Juste après l'explosion, une station de recherche, l'ONIS, a été installée à Tcheliabinsk-40. Elle est devenue le pionnier de la recherche radiologique et de l'écologie appliquée en URSS. Ses collaborateurs sont des spécialistes : biologistes, physiciens, écologistes. Cette zone d'une superficie de 1 500 km², où le niveau de radioactivité reste préoccupant malgré les mesures de décontamination, a été transformée en site expérimental. Les résultats des recherches ont permis de créer de nouvelles méthodes de mesure et des moyens de traitement des déchets radioactifs.

Ivan Tepliakov, l'un des responsables de la station, raconte comment il a vécu l'accident, et surtout comment il a travaillé pour décontaminer les terres irradiées.

« Je travaille ici depuis 1959. Je suis du pays, né dans le village de Kuyach, que vous avez traversé en venant ici. Au moment de l'accident, je me trouvais au village tout à fait par hasard, étant revenu de la *tselina* (les terres vierges du Kazakhstan) où je faisais un stage à l'Institut de mécanisation et d'électrification agricoles. Je ne connaissais rien au nucléaire. On profitait du dernier soleil, c'était un dimanche sec et chaud, on se baignait et on bronzait au bord du lac. Des troupeaux de vaches paissaient dans les pâturages, dans les champs on terminait la moisson. Soudain, vers 16 heures, du côté de la ville, on entendit une forte explosion. Les vitres tremblèrent. Personne n'y prêta attention car on savait que l'on était toujours en train de construire ou de faire quelque chose en ville, des tranchées, des fondations et les explosions étaient monnaie courante. La journée se termina tranquillement.

» Le lendemain, à l'aube, je fus réveillé par ma mère. Je vis partout des soldats, des véhicules tout terrain, des gens avec des dosimètres qui allaient et venaient, effectuaient des mesures sans rien expliquer. »

M. Séné : *Les Soviétiques ont eux-mêmes reconnu, dans leur rapport transmis en 1989 à l'AIEA, que toutes les mesures de sécurité n'étaient pas prises à cette époque, d'un côté parce que c'était la course à l'arme nucléaire qui primait et de l'autre parce qu'on ne possédait aucune expérience. Toujours en se référant à Tchernobyl,*

(suite du texte page 178)

(1) Le curie (Ci) mesure l'activité d'un corps radioactif en une seconde. 1 curie correspond à 37 milliards de désintégrations par seconde, quelle que soit la nature du rayonnement émis.
(2) Voir *Science & Vie* n° 721, p. 90, et n° 720, p. 40.



Serge KNAUSS
Directeur des recherches
au Centre Européen de Recherche
pour l'Efficacité Personnelle

LE CEREP OFFRE EN CADEAU A 700 ETUDIANTS* LE NOUVEAU GUIDE

GRATUIT
pour les étudiants

"Comment réussir tous vos examens"

A l'occasion d'une campagne nationale d'information le Centre Européen de Recherche pour l'Efficacité Personnelle a décidé d'offrir gratuitement 700*de ses guides "Comment réussir tous vos examens".

Découpez et renvoyez simplement le bon ci-dessous - *les photocopies ne sont pas acceptées.*

Ce guide gratuit vous informe sur une étonnante méthode de préparation et de réussite aux examens.

Vous comprendrez pourquoi certains étudiants, ni spécialement doués, ni spécialement intelligents, travaillent nettement moins que d'autres et réussissent brillamment leurs examens. Vous saurez comment en faire autant.

Maintenant ayez la certitude de réussir à vos examens

Les étudiants qui ont déjà pu utiliser cette méthode sont enthousiasmés. Ils écrivent par exemple :

"J'ai le grand plaisir de vous annoncer mon succès au concours de l'école HEC. Il ne fait aucun doute que, grâce à votre méthode, j'ai accompli des progrès spectaculaires pendant l'année. Votre méthode est d'une efficacité absolue." *M. F.H. de Paris*

"Mes études sont devenues plus faciles et plus agréables. Depuis que j'ai votre méthode je mémorise les noms, dates, chiffres et formules avec une facilité déconcertante." *M. G.E. de St-Laurent*

"Lorsque j'applique votre méthode mes résultats varient entre 11 et 19 (sur 20), lorsque je ne l'applique pas, ils varient entre 3 et 10 !" *M. G.L. de Strasbourg*

"Voici un mois que j'ai commencé à étudier avec la Méthode CEREP. Tout de suite j'ai veillé à mettre en application ses conseils. Et je commence à me rendre compte que cette méthode est un petit " bijou " pour réussir. Merci d'avoir pensé à tous ceux qui ne connaissaient pas ces "trucs" et qui désespéraient de réussir." *Mlle N.M. d'Audincourt*

Profitez de cette offre gratuite avant qu'il ne soit trop tard

Ne pensez-vous pas qu'il serait dommage de laisser passer cette occasion unique de réussir vos examens et vos études tout en réduisant vos efforts ? Renvoyez dès aujourd'hui le bon ci-dessous, vous serez ainsi certain de ne pas arriver trop tard. Dans quelques jours vous recevrez chez vous le livret guide "Comment réussir tous vos examens". Ce guide vous montrera qu'il existe des techniques qui permettent :

1. D'étudier plus efficacement en travaillant moins.
2. D'assimiler plus vite et plus facilement toutes les matières ardues.
3. De multiplier par 2, 3 voire 4 votre vitesse de lecture.
4. D'augmenter la puissance de votre mémoire et de retenir sans effort les noms, les dates, les chiffres, les formules, etc...
5. De retenir l'essentiel d'un exposé, ou d'un livre après une seule lecture.

Et ce n'est pas tout

Cette méthode jusqu'ici réservée au training de haut niveau vous montrera également :

- Un moyen facile qui vous recharge d'énergie en 15 minutes.
- Comment être au plus haut de votre forme le jour de l'examen.
- Une technique à utiliser la veille de l'examen pour être sûr de ne pas avoir le trac.

Ce ne sont là que quelques exemples. Il y a encore d'autres techniques. Le guide d'information que vous offre ici le CEREP (Centre Européen de Recherche pour l'Efficacité Personnelle) vous fera découvrir toutes les techniques contenues dans la Méthode "Comment réussir vos examens et vos études". La Méthode du CEREP - véritable guide du succès - révèle votre potentiel de réussite et enclenche cette dynamique du succès qui donne des résultats étonnants (et attestés !).

Pour recevoir gratuitement votre exemplaire du guide d'information, remplissez et renvoyez l'original du bon ci-dessous.

* IMPORTANT : Les 700 premières demandes seront servies dans leur ordre d'arrivée, les suivantes le seront dans la limite des stocks disponibles.

C.E.R.E.P. -1H1-
71, rue Etienne-Dolet
94145 Alfortville Cedex



Belgique : DEMA, 1, quai Condroz, 4020 Liège.

GRATUIT

Un seul guide par demande

Bon pour recevoir **gratuitement et par courrier,** sans engagement d'aucune sorte, le guide "Comment réussir tous vos examens".

☐ M. ☐ Mme ☐ Mlle Age :

Nom ____________________

Prénom ____________________

Adresse ____________________

__________ Code postal __________

Ville ____________________

Découpez et renvoyez ce bon à :
C.E.R.E.P., 71, rue Etienne-Dolet
94145 Alfortville Cedex **1H1**

ADER : IL Y A CENT ANS, LE PREMIER VOL ?



Des ingénieurs aéronautiques ont vérifié la technique utilisée par Clément Ader, sur les avions... à vapeur qu'il a construits. Ils sont formels : elle était capable de faire décoller un plus-lourd-que-l'air.

PAR GERMAIN CHAMBOST

Pour l'*Encyclopædia Britannica*, référence importante s'il en est, les frères Orville et Wilbur Wright ont "inventé" l'aviation. Le 17 décembre 1903, Orville Wright effectua un vol sur 40 mètres de distance et 3 mètres de hauteur, à bord d'un appareil équipé d'un moteur à explosion d'une puissance de 12 chevaux. Preuve irréfutable : une photographie de la machine en vol prise ce jour-là. Aucune mention de Clément Ader. En revanche, pour le *Grand Dictionnaire encyclopédique Larousse*, le vol du premier avion, date du 9 ctobre 1890, soit 13 ans plus tôt : c'est celui de l'*Eole* de Clément Ader, qui « constitue indubitablement le premier vol en aéroplane ». C'était au parc d'Armainvilliers, dans l'actuel département de la Seine-et-Marne.

Qui croire ? Faut-il bien célébrer, comme on le fait, le centenaire du premier vol effectué par l'*Eole*, alors qu'on sait seulement qu'il a « décollé sur 50 mètres » et qu'aucune photo ne montre l'engin en l'air ? Ce vol fut-il un simple saut de puce incontrôlé par le pilote ? La machine a-t-elle seulement été portée par le coussin d'air dû à l'effet de sol, et qui se produit sur une épaisseur de quelques centimètres à un mètre environ ? Ou a-t-elle décollé comme un vrai avion, c'est-à-dire grâce à la portance, force de sustentation créée par l'écoulement de l'air sur les ailes à cause de leur profil particulier ?

Le général Pierre Lissarague, ancien directeur du Musée de l'air et de l'espace au Bourget, a longuement et scrupuleusement enquêté sur l'affaire [1].



3

Ce n'est que justice, puisque Ader était subventionné par l'Armée, qui s'intéressait à ses projets de machines volantes. Ader, en effet, envisageait de construire des avions en série pour organiser une véritable Armée de l'air. Malheureusement, en 1897, les militaires, peu convaincus des résultats, ont coupé les crédits. Résultat : Ader interrompit se travaux. Certes, il n'y a pas eu de photo du premier vol, les expériences d'Ader étant couvertes par le secret militaire, mais il y avait quand même des témoins. Et ils ont parlé. Il restait aussi et surtout des preuves matérielles, dont l'*Avion n° 3* (Ader est l'inventeur du mot "avion"), sur lequel Ader effectua à Satory un second décollage. Il parcourut une

(1) Il le raconte dans son livre *Clément Ader, inventeur d'avions*, aux Editions Privat.

Qu'ils volent aujourd'hui, et l'*Eole* (**1**) ou l'*Avion n° 3* (**2**), du moins leurs reproductions en vraie grandeur, prouveraient au monde entier, sans aucun doute possible, que l'ingénieux inventeur français Clément Ader, qui les a conçus et fabriqués avant la fin du siècle dernier, est bien le père de l'aviation. Pour le faire, il nous reste ses notes et son *Avion n° 3*. Ce dernier, restauré, est actuellement au Musée de l'air et de l'espace, au Bourget (**3**), mais il n'est pas question de risquer de l'abîmer en essayant de le faire décoller.

distance de 300 m à environ 1 m du sol. Ce troisième appareil allait pouvoir nous renseigner sur le premier, disparu.

L'*Avion n° 3* a été préservé au Conservatoire national des arts et métiers, qui, en 1979, le confia au Musée dont Lissarague était le directeur. Curieusement, personne n'avait entrepris de l'étudier pour savoir si, oui ou non, cette machine pouvait décoller. On la remit donc en état, d'abord dans un but de restauration. Car elle avait souffert du temps: le bois et la soie utilisés par Ader pour réaliser le fuselage et les ailes étaient en mauvais état. Puis vint l'étude technique. Elle dura plus de dix ans et n'est pas tout à fait achevée. Elle se fondait sur les déclarations, notes et cahiers d'atelier de l'inventeur. D'abord et avant tout, il fallait vérifier que ces éléments d'information sont conformes à la réalité de l'*Avion n° 3*, en ce qui concerne les deux moteurs (à vapeur !), l'aile et les hélices.

Les moteurs. Ader en a fait construire trois modèles, qui varient dans leurs dimensions et quelques détails, mais qui sont identiques dans leur principe : la vapeur est fournie par un générateur constitué d'une chaudière fonctionnant à l'alcool, dans laquelle l'eau circule à l'intérieur de tubes (1 540 tubes sur l'*Eole*, contre 5 450 sur l'*Avion n° 3*). La vapeur est dirigée vers un bidon en forme de dôme, avant d'aller se détendre dans deux cylindres, où elle transmet sa pression à deux pistons solidaires d'une même bielle attelée au vilebrequin. Un condensateur retransforme ensuite la vapeur en eau, qui est retournée au circuit.

La pression de la vapeur est réglée par le pilote au moyen de deux leviers : un qui commandent la consommation d'al cool ;

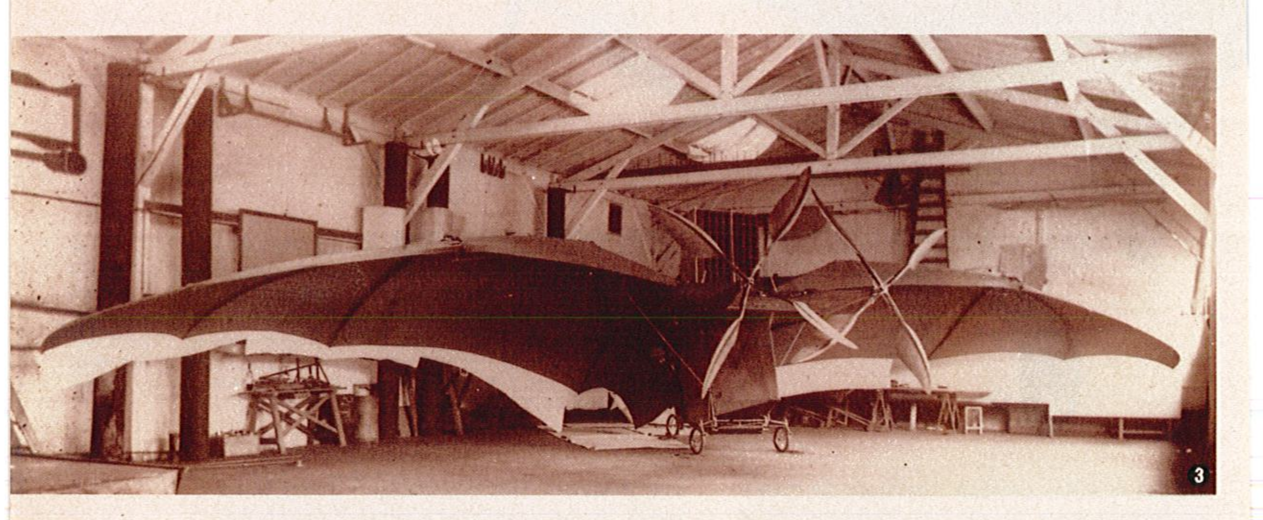


l'autre qui adapte la quantité d'air nécessaire pour obtenir une bonne combustion. La pression maximale est de 16 atmosphères. La vitesse de rotation est de 480 tr/min.

Ader a déjà une réussite à son actif : l'allègement du moteur, grâce à des procédés de fabrication raffinés, acier usiné, assemblages vissés ou brasés, tubes minces pour les bielles et les éléments longs.

fait que les barbes ne sont pas perpendiculaires aux longerons, mais obliques, de telle sorte que, sous l'effort de la rotation, le longeron fléchit vers l'avant et que le profil des pales se creuse vers l'avant, d'où accroissement de la traction au décollage. Les hélices en bois ou en métal des nombreuses générations d'avions qui ont suivi sont soumises au même phénomène.

Ader voulait obtenir une traction qui fût, sur



Sur l'*Eole*, indique Lissarague, le moteur fournissait 10 à 12 ch pour un poids de 66 kg, soit 6 kg par ch. Le rapport puisance/poids était encore mieux sur l'*Avion n° 3*, où il était 1 ch/3,8 kg.

Les essais après reconstitution furent effectués au banc du Centre d'essais des propulseurs, à Saclay ; ils indiquent qu'Ader pécha plutôt par modestie : on a trouvé pour l'*Avion n° 3*, à 4765 t/m et 14,5 kg de pression, 26 chevaux, alors que la puissance annoncée par Ader était de 20 ch. L'inventeur n'a donc pas bluffé.

Les hélices. Cette puissance chèrement acquise, il fallait éviter de la gaspiller. C'est pourquoi Ader travailla beaucoup au rendement de l'hélice ; il en étudia huit modèles différents avant d'arrêter son choix. Celui-ci porta sur un modèle à quatre pales (il disait "plumes", et tout son vocabulaire dérive de l'ornithologie), chacune composée d'un longeron auquel sont fixées des "barbes". Le longeron est fabriqué de deux semelles de bambou refendu entre lesquelles se trouve une couche de liège ; les "barbes" sont en mousseline de coton collée sur du papier de Chine...Il y en a 230 de chaque côté de chaque pale. L'ensemble vise à obtenir la plus grande légéreté possible.

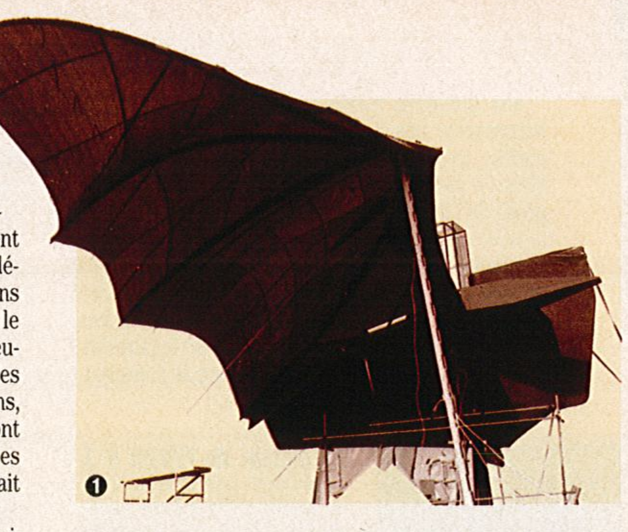
De plus, le profil de chaque plume varie tout au long du longeron: il est plus creux au départ qu'à l'extrémité. Observateur de l'anatomie et du vol des oiseaux, Ader en a tiré un principe, visible dans le

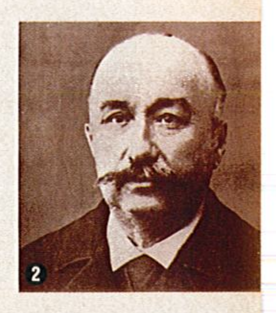
l'*Eole*, à peu près du huitième de la masse au décollage, ce qui représentait 35 kg de traction, et, sur l'*Avion n° 3*, du cinquième ou du sixième de la masse, soit 40 à 50 kg de traction pour chaque hélice. Ayant reconstitué des éléments de pale, le Musée de l'air et de l'espace put prédire les performances de l'hélice : elles auraient été en fait de 65 kg de traction pour 20 ch à la vitesse de 10 m/s, qui était la vitesse d'avancement de l'*Avion n° 3* en vol (36 km/h). Mais la marge d'erreur de ces calculs théoriques (faits à partir de la puissance du moteur, de la formes des hélices, etc., et non à partir d'expériences réelles) était trop importante pour que l'on acceptât de tels résultats sans les discuter. On refit des essais, à Saclay et à l'Atelier industriel de l'air, à Clermont-Ferrand. Au premier essai, avec une hélice originale simplement restaurée, les mesures donnèrent, au point fixe (moteur et hélice fixés sur un bâti au banc d'essai), donc sans vitesse d'avancement, une traction de 47 kg à 350 t/m, pour une puissance de 5,9 ch absorbée sur l'arbre. La puissance maximale du moteur était de 20 ch à 450 tr/min, mais la preuve était faite : l'hélice aussi donnait bien ce que le constructeur en attendait.

L'aile. Sur l'*Eole*, comme sur l'*Avion n° 3*, sa structure est inspirée de l'aile d'une chauve-souris, la roussette des Indes. Elle était certes complexe, mais Ader la choisit parce qu'elle présentait deux particularités intéressantes: on pouvait la replier

pour le transport et le garage, et on pouvait en modifier la surface, la forme et les réglages assez vite. Les efforts de la voilure sont assurés par un longeron bloqué par des haubans. Sur l'*Avion n° 3*, elle est tendue de taffetas de soie (70 g/m²), très serrée, mais légèrement perméable à l'air. Elle est divisée en panneaux découpés et disposés de manière à ce que les tensions induites par le vol ne se manifestent que dans le droit fil de la trame, afin de bénéficier de la meilleure tenue de celle-ci. La soie est boutonéne sur les membrures. Le tout est soutenu par des tendons, comme sur les ailes de la chauve-souris, qui sont des tirants en coton plat disposés selon les lignes de tension de la toile. On voit qu'Ader ne bricolait pas au hasard !

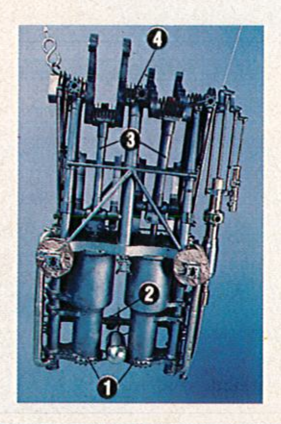
Le Musée de l'air et de l'espace procéda, là aussi, à des essais en plein air, avec une moitié d'aile, montée sur un bâti spécial et placée face au vent naturel, sur la côte ouest du Cotentin. Il fallait voir comment allait se comporter cette aile souple, dont la voile se gonflait au vent et dont le dièdre (angle entre le plan et l'horizontale) augmentait pour cette raison ; de plus, selon Ader, elle vrillait en vol, avec l'effet suivant: son incidence, c'est-à-dire l'angle entre l'aile et le vent relatif dû au vol, allait diminuant de l'emplanture jusqu'à l'extrémité.



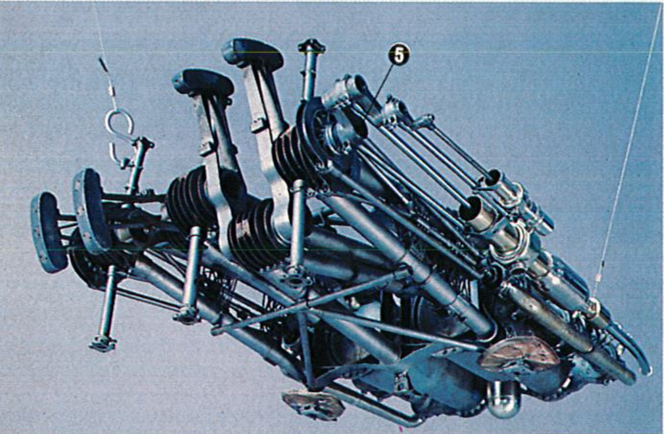


Ader avait tout bon ! Les essais en plein vent sur une demi-aile d'*Avion n° 3*, sur la côte ouest du Cotentin (**1**), ont confirmé que celle-ci adoptait bien, en vol, le profil voulu par l'inventeur (**2**). Inspirée de l'aile complexe d'une chauve-souris, la roussette des Indes, elle peut se replier pour le transport et le garage, notamment dans l'atelier de Satory, où fut construit l'*Avion n° 3* (**3**, ailes déployées et feuilles de papier blanc derrière pour la photo — **4**, ailes repliées avec, dessous, Espinosa et Vallier, deux collaborateurs).

Aux différents essais, les vitesses des vents ne dépassèrent pas 7 m/s, ce qui ne permit pas de vérifier totalement l'exactitude des notes d'Ader. Mais on put établir qu'on retrouvait bien en vol le profil de l'aile voulu par Ader ainsi que son dièdre, *a priori* très différent de celui de l'aile au repos. Comment a-t-on fait ? Des bandes réfléchissantes ont été disposées sous l'aile à intervalles réguliers et parallèlement à l'axe du fuselage, et des clichés sucessifs furent pris au flash. On a donc le répertoire des variations de profil tout au long de l'envergure et des différentes incidences, depuis l'emplanture, jusqu'à l'extrémité (loi de vrillage).



Le moteur de l'*Avion n° 3*. Acier usiné, assemblages vissés ou brasés, tubes minces au lieu de tiges pleines pour les bielles et les éléments longs pour alléger au maximum le moteur, ici vu de face et de profil, avec ses cylindres (**1**), son arrivée de vapeur (**2**), ses bielles (**3**), son vilebrequin (**4**) et l'entraînement de l'arbre d'hélice (**5**). Des essais récents ont confirmé qu'Ader a obtenu un rapport puissance/poids nettement meilleur que sur l'*Eole* : 1 ch/3,8 kg (contre 1/6).



Entre 4 et 7 m/s, les profils ne changent pas beaucoup. C'est surtout le vrillage qui commande: on a constaté que l'aile se divise en trois zones, dont l'angle d'incidence décroît de l'emplanture à l'extrémité. Et cela aussi confirmait les calculs d'Ader. De plus, un essai sur une maquette au tiers (5 m d'envergure) a montré l'efficacité du gouvernail de direction et l'apparente bonne stabilité de l'appareil. C'est encore ce que disait Ader, qui croyait à l'efficacité de son gouvernail de direction.

Alors, Clément Ader un Dassault avant l'heure ? Impossible de se prononcer. Ses avions, s'ils volaient, rien ne prouve encore qu'ils étaient vraiment stables, c'est-à-dire que le pilote pouvait, en vol, les rétablir dans une position donnée et s'il pouvait en maîtriser les évolutions. Des essais restent encore à faire pour le vérifier. En effet, ceux qui ont été menés jusqu'ici ont été effectués sur une seule position en plan de l'aile, alors que, sur l'*Eole* comme sur l'*Avion n° 3*, cette position peut être modifiée par le pilote, grâce à une commande d'avance ou de recul. Or, on ignore quelle était la position de l'aile en plan lors des essais et du vol de Satory, en 1897.

En position normale (au sol), cette aile présente une flèche inverse prononcée, c'est-à-dire que son extrémité est plus avancée que son emplanture, alors que sur les avions modernes les ailes sont vers l'arrière, comme sur une tête de flèche. Et on sait qu'une flèche inverse est défavorable à la stabilité, sauf si le vol a lieu dans ce qu'on nomme l'"effet de sol", lorsque l'air subit, comme nous l'avons déjà dit, une sorte de tassement entre la surface du sol et l'aile, ce qui, au contraire, améliore la stabilité.

La question qui se pose est donc de savoir si l'*Avion n° 3* a volé uniquement parce qu'il a été porté par ce coussin d'air dû à l'effet de sol, autrement dit, en rase-mottes. Seuls des essais supplémentaires permettraient d'y répondre. On parle de les conduire en 1991 avec une aile dont on mesurerait l'efficacité aérodynamique (portance et traînée, les deux principaux paramètres de vol) sur une "balance aérodynamique", sous le contrôle d'une commission ou d'une direction des essais. L'idéal serait plutôt une réplique complète de l'*Avion n° 3* qu'on essaierait de faire vraiment voler. Car il n'est bien évidemment pas question de risquer d'abîmer l'original. L'idée est, certes, séduisante, mais serait extrêmement coûteuse : les techniques employées par Ader sont si compliquées qu'elles sont aujourd'hui littéralement hors de prix, ce qui explique qu'aucun amateur n'en ait déjà fabriqué une copie, comme c'est le cas d'un grand nombre de machines des premiers temps de l'aviation qui continuent de voler aujourd'hui de par le monde.

Quoi qu'il en soit, même si l'*Eole* et l'*Avion n° 3* n'ont pas effectué de grande traversée, les deux avions ont bel et bien pris l'air : à Armainvilliers comme à Satory, des témoins ont constaté l'arrêt des traces de roues sur le sol.

Il reste peut-être à espérer qu'un jour un éventuel sponsor se passionnera par la question de savoir, une fois pour toutes, quand exactement l'homme a-t-il pris l'air pour la première fois avec un "vrai" avion : en 1903 ou en 1890. Et là, seule une réplique en vrai grandeur de l'*Eole* à partir des plans d'Ader permettra de trancher. La querelle autour du centenaire du premier vol est une bonne occasion de relever le défi.

Germain Chambost


SCIENCE & VIE
JUNIOR
DOSSIER HORS SERIE
Du Big-Bang à l'homme : 32 pages de dessins
A Boston, un biologiste recrée la vie
La piste des dinosaures
Demain, l'homme-méduse
Les origines de la vie
M 3377 - 2 H - 30,00 F-RD
210 FB - 8 FS - 8500 L - 700 Ptas - 35 Dh - 3.450 Dt - Scan 4.95 - 780 Esc
N°2

DOSSIER

Défense

LE PORTE-AVIONS "CHARLES-DE-GAULLE"

Ces 6 700 tonnes de tôles rouillées forment les premiers contours du porte-avions le plus moderne du monde. Il remplacera, dans sept ans, le Foch (ci-contre) et le Clémenceau, vieux de 30 ans. Son prix (14 milliards sans les avions) lui vaut, avant même d'être armé, beaucoup d'ennemis chez les militaires et les politiciens. Notre dossier répond à toutes les questions.

PAR IPHICLÈS





Les porte-avions *Foch* et *Clémenceau* sont les bâtiments de la Marine nationale les plus connus des Français. Presque chaque été depuis 1982, l'un de ces navires a été mis en alerte, pour appareiller, quelques jours plus tard, vers des mers plus ou moins lointaines et plus ou moins chaudes, avec pour mission d'appliquer ce que certains appellent la “diplomatie de la canonnière”.

Mais ces deux navires approchent de la trentaine, ce qui est beaucoup pour des bâtiments de guerre. La question de leur remplacement se pose donc depuis de nombreuses années. Le dossier est complexe. Militaires, hommes politiques, industriels et financiers ont chacun un avis différent.

Après bien des hésitations et des remises en cause, une première unité, le *Richelieu*, devenu depuis *Charles-De-Gaulle* a été commandée en 1986 pour remplacer le *Clémenceau*. Il s'agit d'un programme de près de 14 milliards de francs (études de développement comprises) pour un seul bâtiment, sans ses avions ! Ce qui ne peut laisser indifférents ni les hommes politiques, ni les simples contribuables ([1]). D'autant que la Marine va demander des fonds pour un second navire, ce qui ajouterait 10 à 11 milliards à la facture. La crise du Golfe vient à point nommé appuyer cette demande exorbitante.

Pourquoi des porte-avions français ? Certainement pas pour faire la guerre aux Soviétiques! Même en plein règne de Léonid Brejnev, le porte-avions futur n'était pas destiné à faire la guerre aux forces du pacte de Varsovie. Cela est réservé à la force de dissuasion nucléaire. Mais, hors des eaux françaises, hors même celles de l'Europe (qui représentent respectivement les premier et deuxième cercles de sa stratégie de défense), la France a une action, des intérêts, des amitiés qui peuvent se trouver en conflit avec ceux d'autres Etats ou d'autres nations. Elle doit, par ailleurs, protéger ses départements et territoires d'outre-mer, éparpillés sur tous les océans du globe ou presque, et qui lui confèrent près de 11 millions de km² de zone économique exclusive (ajoutés aux 340 000 km² de la zone métropolitaine, ils placent la France au troisième rang dans le monde par l'étendue des espaces maritimes qui lui sont reconnus). L'actualité et le passé recent montrent que les occasions de conflit sont nombreuses.

Dans ce contexte, les forces navales, par leur mobilité et leur flexibilité, peuvent jouer une grande variété de rôles. Ces interventions n'ont pas manqué au cours des dernières années : mission de pacification au large de Djibouti, avec présence d'un porte-avions (et même deux à un certain moment) lors de l'accession de ce pays à l'indépendance (1977-1978) ; transport et soutien direct de la force multinationale d'interposition de Beyrouth (juin 1982-avril 1984, avec présence quasi permanente d'un porte-avions) ; opération de déminage de la mer Rouge lors de la "crise des mines" de l'été 1984 ; opérations de "dissuasion" au large des côtes de Libye, en 1980, lors du différend frontalier de

(1) Certains hommes politiques n'hésiteront pas à comparer les sommes consacrées à ce programme à celles nécessaires à l'accomplissement de grands programmes sociaux. Quitte à faire de mauvaises comparaisons, on peut rapprocher ces 14 milliards des 12 milliards des dettes de Renault...

LE CHARLES-DE-GAULLE EN CHIFFRES

Déplacement :
- Moyen d'essais : 34 600 t
- A pleine charge : 36 000 t

Dimensions :
- Longueur hors-tout (pont d'envol) : 261,50 m
- Longueur à la flottaison : 238 m
- Largeur maximale (pont d'envol) : 64,36 m
- Largeur à la flottaison : 31,50 m
- Tirant d'eau : 8,50 m
- Hauteur du pont d'envol au-dessus de l'eau : 16,20 m.

Propulsion :
- 2 chaudières nucléaires à eau pressurisée, compactes, type K 15 de 150 MW thermiques chacune, alimentant en vapeur les turbines, les turbo-alternateurs et les catapultes.
- 2 groupes turbines indépendants (une turbine haute-pression, une turbine basse pression), entraînant chacun une ligne d'arbre. Hélices à pas fixe. Puissance maximale : 83 000 ch. Vitesse maximale : 27 nœuds (50 km/h).

Energie électrique :
- 4 turbo-alternateurs de 4 000 kW
- 4 diesel-alternateurs de 1 100 kW
- 2 stations de sauvegarde de 400 kW

Les équipements de propulsion et de production d'énergie sont répartis dans cinq compartiments.

Installations d'aviation :
- Pont d'envol de 12 300 m², permettant le stationnement d'environ 20 aéronefs.
- 2 catapultes à vapeur C 13-3 (américaines) de 75 m de course, capables de lancer un avion de 22 t à 140 nœuds (260 km/h).
- Piste oblique d'appontage de 195 m de long, décalée de 8°30 par rapport à l'axe du navire, munie de 3 brins d'arrêt (élongation maximale : 97,6 m) et d'une barrière de secours.
- Système d'approche radio-électrique type MLS, dispositif précis de guidage final Dalas (CSEE) à faisceau laser, optiques d'appontage.
- Hangar de 4 600 m² de surface, 138 m de long, pouvant être divisé en deux parties, et destiné à abriter 20 à 25 aéronefs ; 2 ascenseurs latéraux de 36 t de capacité unitaire.
- Contenance en carburéacteur : 3 000 m³. En munitions d'aviation : 4 900 m³, soit plus de 500 t (une vingtaine de types différents).

Système de combat

Il est articulé autour du système de commandement intégré SISC (5 à 6 calculateurs centraux, 20 à 22 consoles) et est relié au système de commandement de force navale Aidcomer. Il comprend :

• équipements de détection
- radar de veille air éloignée (en deux dimensions) ;
- radar tri-dimensionnel à balayage électronique (veille air, désignation d'objectifs aux systèmes d'armes, conduite de la chasse) DRBJ 11B (Thomson-CSF) ;
- radar de veille combinée (surface/air basse altitude) DRBV 15C (Thomson-CSF) ;
- radar d'appontage ;
- 2 radars de navigation Decca 1229 (Racal) ;
- équipement de veille et d'alerte infrarouge DIBV 1A Vampire (SAT).

• Moyens de guerre électronique
- détecteur de radar ARBR 17 (Thomson-CSF) ;

Gafsa avec la Tunisie, et en automne 1984 lors du démontage du dispositif français déployé au Tchad (avec, la seconde fois, participation du *Foch*) ; évacuation de ressortissants français et étrangers lors de la guerre civile au Sud-Yémen (janvier 1986) ; protection de la navigation commerciale nationale lors de la "crise du Golfe" pendant la guerre Iran-Irak, avec déploiement du *Clémenceau* dans l'océan Indien pendant 14 mois d'affilée (1987-1988). Enfin le déploiement actuel du même *Clémenceau*.

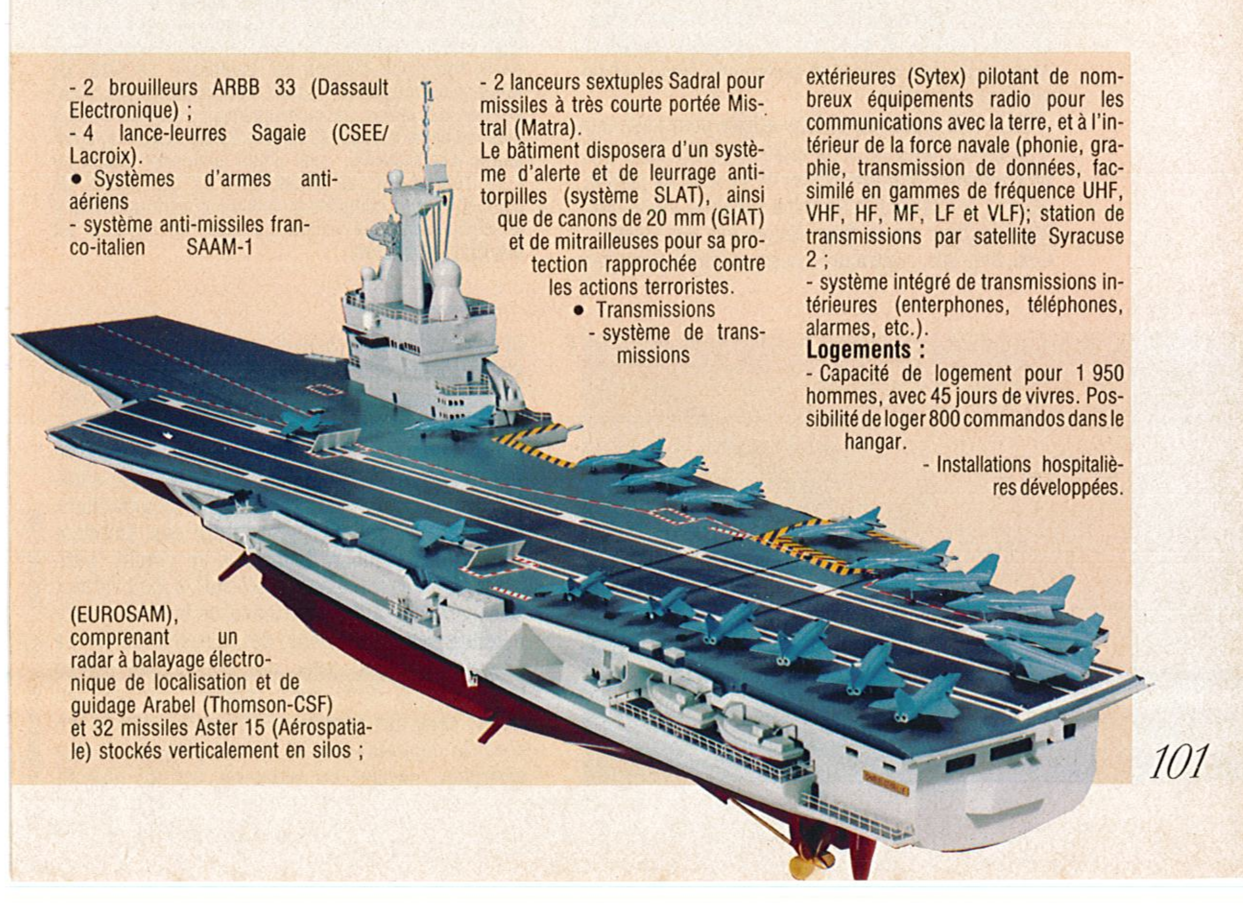
Dans tous les cas, ces opérations n'ont pas concerné les seules forces navales (nationales, alliées ou adverses) et elles se sont toujours déroulées plus ou moins près de terre, le plus souvent à portée d'intervention de l'aviation terrestre riveraine.

Dans ces conditions, le bâtiment de combat de surface traditionnel (croiseur, frégate) se trouve relativement démuni. Avec ses canons et ses missiles, il ne peut agir que sur une étroite bande côtière, sauf à disposer de missiles de croisière performants (genre Tomahawk américains), capables d'exécuter une frappe "chirurgicale" sur un objectif précis, même avec une tête classique. Comme le sous-marin, le navire de surface ne peut s'en prendre qu'aux intérêts maritimes d'un adversaire. Il est, par ailleurs, indispensable à la protection rapprochée du trafic commercial, national ou ami. Mais dès qu'une opération comporte la projection de forces à terre, ou bien se déroule essentiellement dans les eaux côtières, une certaine supériorité aérienne, même limitée dans le temps et dans l'espace, est nécessaire.

Cette supériorité, qui consiste à interdire à l'ennemi d'utiliser l'espace au-dessus de la zone des opérations, peut très rarement être obtenue par les seuls missiles surface-air de la flotte. Elle exige la présence d'avions de chasse assez nombreux pour assurer une permanence sur zone, ou basés suffisamment près pour intervenir rapidement. Le navire porte-avions répond à ce besoin.

Il peut parcourir 1 000 km par jour et se fondre dans l'immensité de l'océan

Certes, il est aussi possible de recourir à des avions de combat terrestres (de l'armée de l'air), soit prépositionnés (comme la dizaine de Mirage F1 stationnés à Djibouti), soit déployés à partir de bases métropolitaines. Mais cela comporte des limites et des inconvénients. Le prépositionnement n'est pas toujours politiquement acceptable et, sauf à disposer partout de la supériorité, il n'exclut pas la nécessité de renforcements pour le cas de crise. Par contre, il peut être un gage de stabilité au niveau local, par son effet dissuasif sur certains "trublions". Grâce au ravitaillement en vol, des avions de combat peuvent aussi être déployés à plusieurs milliers de kilomètres de leurs bases



- 2 brouilleurs ARBB 33 (Dassault Electronique) ;
- 4 lance-leurres Sagaie (CSEE/Lacroix).

• Systèmes d'armes anti-aériens
- système anti-missiles franco-italien SAAM-1 (EUROSAM), comprenant un radar à balayage électronique de localisation et de guidage Arabel (Thomson-CSF) et 32 missiles Aster 15 (Aérospatiale) stockés verticalement en silos ;
- 2 lanceurs sextuples Sadral pour missiles à très courte portée Mistral (Matra).

Le bâtiment disposera d'un système d'alerte et de leurrage anti-torpilles (système SLAT), ainsi que de canons de 20 mm (GIAT) et de mitrailleuses pour sa protection rapprochée contre les actions terroristes.

• Transmissions
- système de transmissions extérieures (Sytex) pilotant de nombreux équipements radio pour les communications avec la terre, et à l'intérieur de la force navale (phonie, graphie, transmission de données, facsimilé en gammes de fréquence UHF, VHF, HF, MF, LF et VLF); station de transmissions par satellite Syracuse 2 ;
- système intégré de transmissions intérieures (enterphones, téléphones, alarmes, etc.).

Logements :
- Capacité de logement pour 1 950 hommes, avec 45 jours de vivres. Possibilité de loger 800 commandos dans le hangar.
- Installations hospitalières développées.

quelques jours après le déclenchement d'une crise. On peut alors prendre l'adversaire de vitesse et contrarier ses plans.

Mais un tel déploiement reste soumis aux autorisations de survol, voire aux autorisations d'escale, qui peuvent être refusées par les pays non impliqués dans le conflit et ne souhaitant pas l'être. Par ailleurs, les avions en vol sont toujours à la merci d'un incident ou d'une avarie sur le ravitailleur, qui peut les dérouter vers un terrain pas forcément amical ([2]). En outre, ce déploiement impose une importante logistique : missiles et munitions diverses, rechanges et outillages indispensables, voire du carburant. Autre inconvénient : les conditions de stationnement peuvent être difficiles pour la mise en œuvre et l'entretien des avions, sans parler de leur sécurité au sol. Toutes ces difficultés ont été parfaitement illustrées par les débuts de l'opération Manta au Tchad.

Le porte-avions révèle alors ses atouts. D'abord, il donne à la flotte les moyens permanents d'assurer sa protection, tout en décuplant l'allonge de ses capacités offensives. Grâce à son groupe aérien diversifié, il élargit l'éventail des missions de cette flotte. Pour se déplacer, le porte-avions utilise en toute liberté les espaces internationaux. Il est rapide et peut couvrir près de 1 000 kilomètres par jour, donc il peut, s'il le faut, se fondre dans l'immensité des océans — très peu de pays ont directement accès aux informations des satellites de surveillance des océans, et peu ont les moyens navals et aéronavals de localiser et pister une force navale qui veut se cacher.

Sa mobilité peut aussi être utilisée pour jouer sur le degré de tension de la crise. On peut ainsi fort bien éloigner le porte-avions de la zone de conflit, quitte à le ramener la semaine suivante, s'il le faut, sans négliger de le faire savoir par les médias... Cela, bien sûr, contraint le porte-avions à éviter les mers étroites et fermées, comme l'intérieur du golfe Persique.

Le porte-avions dispose des moyens de détection, de transmission et de commandement pour la mise en œuvre des avions, ainsi que d'un hangar et d'ateliers spécialisés pour leur maintenance et celle de leurs équipements. Il emporte avec lui le carburant, les munitions et les rechanges nécessaires. Bref, c'est une base flottante.

Mais il est cher à construire et à entretenir, et ses opposants lui reprochent sa vulnérabilité. En cas de guerre totale contre des forces navales et aéronavales puissantes (qui ne pourraient être que soviétiques), les porte-avions seraient certes la cible privilégiée d'attaques coordonnées de missiles de croisière (certains à charge nucléaire) tirés de sous-marins, de navires de surface et de bombardiers. Sous l'avalanche, plusieurs d'entre eux finiraient bien par succomber. Mais dans un conflit "périphérique" (pas forcément nord-sud), il aura surtout à redouter une attaque aérienne, ou une attaque de missiles (lancés d'avions, de patrouilleurs ou de batteries côtières), avec des armes d'un niveau technologique élevé, mais rarement utilisées en masse dans des attaques parfaitement synchronisées (la coordination des tirs de plusieurs unités aériennes, navales ou terrestres sur un objectif

1


Pourquoi le Rafale ? Parce qu'il fallait au nouveau porte-avions un appareil à hautes performances. Le Harrier AV-8B (**1**), de British Aerospace et McDonnell-Douglas, était donc exclu d'emblée. Avec son décollage court et son appontage vertical, il eût été le seul choix possible si la marine avait opté pour un porte-avions léger ; pour le Charles-De-Gaulle, il n'est pas assez rapide et son rayon d'action est insuffisant. Le F-18, de McDonnell-Douglas (**2**), dont il a été sérieusement question quelque temps, est techniquement compétitif et sera plus rapidement disponible que le Rafale. Mais il a, entre autres inconvénients, celui d'être américain. Quant au F-14 Tomcat (**3**), de Grumman, un des avions de combat les plus complets au monde en performances et en équipements (la vedette du film Top Gun), il est beaucoup trop lourd.

3


mobile est un art difficile qui demande des moyens de commandement et de transmission développés).

Contre ces menaces, le porte-avions dispose de son groupe aérien, en action défensive ou offensive, de ses moyens propres : missiles anti-missiles, brouilleurs électroniques et lance-leurres divers, et de ceux de son escorte. Par ailleurs, les porte-avions ont toujours fait preuve d'une surprenante capacité à encaisser les coups, pour peu que certaines dispositions aient été prises à la construction. Instruits par l'expérience des premiers mois de guerre, les Américains ont construit, dès 1942, une grande série de porte-avions de combat lourds (classe *Essex*) approximativement de la taille du *Clémenceau*, dont aucun n'a pu être coulé pendant la guerre. Les navires plus récents ont bien "encaissé" les accidents graves qui sont survenus en service.

Le porte-avions est sans doute plus vulnérable aux explosions sous-marines causées par des torpilles ou des mines. A défaut de le couler à coup sûr, elles peuvent le mettre hors de combat pour plusieurs mois. Mais dans le contexte envisagé, la menace des sous-marins paraît pouvoir être contenue. En dehors de la Chine populaire, peu de pays du Tiers-Monde possèdent une flotte sous-marine nombreuse, et la probabilité qu'un sous-marin classique ([3]) d'une de ces marines arrive à localiser la force et se place en position d'attaque sans avoir été détecté par l'escorte, est faible ([4]). La menace des mines, quant à elle, peut être contournée en opérant en gros par des profondeurs supérieures à 100 m. Si, d'aventure, le porte-avions devait se risquer sur des fonds moindres (points de passage obligés, ports et zones de mouillage), des opéra-



2

tions préalables de dragage et de chasse aux mines pourraient être entreprises.

A prendre en compte : la menace terroriste. Les modes d'action les plus classiques s'appliquent mal, toutefois, à un objectif de ce type, surveillé en permanence. L'attaque exige une connaissance parfaite de ses caractéristiques et de son environnement, qui fait défaut aux groupes terroristes habituels, fût-ce des unités spécialisées de nombreux Etats (combien d'entre eux sont-ils déjà montés à bord d'un porte-avions ?). Le résultat, d'ailleurs, en serait plus médiatique qu'opérationnel. La menace terroriste la plus redoutable est celle d'avions suicides. C'est pourquoi, dans les zones à risques, on entoure le porte-avions (ou tout autre navire précieux) d'une zone d'exclusion de quelques kilomètres, se déplaçant avec le navire, dûment notifiée aux organismes de la circulation aérienne, et à l'intérieur de laquelle tout aéronef au comportement hostile pourrait être abattu. Techniquement, cette menace se traite comme celle d'un missile anti-navires (mais en plus facile).

Donc dans un conflit périphérique, le porte-avions n'est pas bien vulnérable.

Intimidant ou rassurant, simplement dissuasif ou, au contraire, puissamment engagé dans l'action, c'est l'instrument idéal pour le contrôle ou la gestion des crises. Ce point de vue est d'ailleurs partagé par plusieurs pays. Ainsi, l'Espagne et l'Italie, qui n'avaient pas vraiment de tradition aéronavale embarquée, se sont toutes deux dotées d'un porte-avions léger pendant la décennie passée. Le Japon, qui a lui-même limité sa flotte, commence à admettre publiquement l'intérêt du porte-avions pour ses objectifs de sécurité. Les Soviétiques, après avoir longtemps désigné le porte-avions comme « le symbole même de l'agression capitaliste », ont lancé, dès 1970, un important programme de construction. Ce programme continue, il s'étend même vers des navires plus capables. C'est clair : les Soviétiques veulent se donner les moyens d'agir dans un conflit périphérique où ils se trouveraient engagés.

Simplement dissuasif ou au contraire puissamment engagé dans l'action, ...

Restait à définir le meilleur porte-avions nécessaire aujourd'hui à la flotte française. Deux options étaient envisageables, toutes deux uniquement dépendantes du type d'avion embarqué :

Option 1 : il faut un avion de combat embarqué capable de rivaliser avec les meilleurs avions de combat terrestres en service ou en projet, que cela soit par les performances de vol (vitesse pure, vitesse ascensionnelle, accélération, plafond, manœuvrabilité, autonomie) ou par celles de son système d'armes (capacités tout temps, multicible, aptitude aux engagements à grande distance, etc.)

Option 2 : on peut se contenter d'avions de combat aux performances de vol (vitesse, plafond, autonomie) nettement inférieures à celles des avions terrestres modernes, avec également une capacité d'emport moindre.

Actuellement, et à échéance d'une quinzaine d'années, seul un avion classique, mono ou biréacteur de la classe des 20 tonnes, répond aux conditions de l'option 1. Les avions à décollage et atterrissage courts ou verticaux (ADAC/V) en service, Harrier britannique et sa version anglo-américaine évoluée AV-8B, Yak-36 "Forger" soviétique, atteignent tout juste les vitesses transsoniques. Une extrapolation supersonique du Harrier, envisagée dès les années soixante, n'a jamais vu le jour et se heurte à des difficultés techniques. Un programme de recherches anglo-américain, démarré en 1986, avait pour but de donner naissance à un appareil opérationnel à décollage court et atterrissage vertical (ADCAV) supersonique (Mach 1,4 à 1,6) pour le début du siècle prochain. Mais ce programme grippe, en partie parce que l'US Navy, l'un des bailleurs de fonds avec l'US Air Force et la Royal Navy britannique, se montre peu empressée. L'objectif de l'an 2000 pour un ADCAV supersonique opérationnel est désormais largement dépassé.

L'avion de combat de l'option 2 ne pouvait et ne peut donc être que le Harrier dans l'une ou l'autre de ses versions. Malgré l'augmentation de la poussée de son réacteur, la formule approche de ses limites et pourra difficilement donner un avion capable de se mesurer aux plus récentes générations d'avions de combat. Les succès du Sea Harrier pendant la guerre des Malouines ne doivent pas trop faire illusion : ils ont été remportés sur des adversaires (valeureux) volant sur des avions conçus dans les années cinquante, opérant à la limite de leur rayon d'action (les pilotes argentins étaient donc peu enclins à se lancer dans des manœuvres coûteuses en carburant) et surtout ne bénéficiant d'aucun moyen de guidage à partir du sol qui leur aurait permis de se placer face aux Sea Harrier (alors que les chasseurs britanniques, eux, étaient sous contrôle radar de la flotte).

Autre décision importante : le choix de l'aéronef de guet aérien (l'équivalent embarqué des fameux avions radars AWACS). Là également deux options : celle de l'avion à hélices, genre E-2C Hawkeye américain (23 tonnes), avec son rotodôme de grandes dimensions, ou l'option hélicoptère avec antenne repliable, genre Sikorsky/Westland "Sea King" AEW (Airbrone Early Warning) anglais ou Puma/ Orchidée français. L'avantage de l'hélicoptère est qu'il peut être déployé à partir de plates-formes de dimensions réduites, en particulier celles des frégates et des destroyers. Sur le plan de l'efficacité pure, à équipement comparable (mais en fait l'hélicoptère doit se contenter d'antennes de dimensions plus

réduites), l'avion est nettement avantagé : il a une plus grande autonomie et consomme moins par heure de vol. A une altitude de patrouille trois fois supérieure à celle de l'hélicoptère, le radar de l'avion peut couvrir une zone au sol pratiquement dix fois plus étendue. Grâce à une vitesse de transit plus que double, l'avion peut être déployé deux fois plus loin pour exécuter sa mission de surveillance (typiquement à 200 milles marins, soit à 370 km de la force à protéger). Cela augmente considérablement le préavis dont peut bénéficier une force navale en cas d'attaque.

Il est intéressant de comparer les capacités des "couples" avion de guet + chasseur supersonique d'une part, hélicoptère + Harrier (subsonique) d'autre part, soit l'option 1 et l'option 2. Vis-à-vis d'un adversaire volant à Mach 1 (donc parcourant 10 milles marins à la minute) capable de tirer un missile air-mer à 50 milles (93 km) de distance, un hélicoptère déployé à 100 milles de la flotte détectera l'assaillant à 20 ou 25 milles plus en avant, ce qui laissera au Harrier environ 7 minutes pour se placer et effectuer l'interception avant le tir de l'ennemi. Avec un avion déployé à 200 milles, la première détection interviendra à environ 250 milles (460 km) de la force à protéger, ce qui donnera un délai de réaction de 20 minutes aux chasseurs supersoniques avant que l'assaillant ne soit à portée de tir. En période de crise, où provocations et méprises peuvent se révéler fatales, ce délai peut s'avérer vital pour permettre de réaliser à temps une identification visuelle, seule susceptible d'éviter un grave incident du genre de celui du croiseur *Vincennes* abattant un Airbus iranien. Un préavis confortable, et des chasseurs rapides (supersoniques) permettent, dans certaines circonstances, de faire l'économie d'une permanence de chasseurs en vol (alors qu'un Harrier met déjà plus de cinq minutes pour s'éloigner à 50 milles du navire porteur). Notons que l'absence d'un appareil de guet aérien diminuerait considérablement les capacités du porte-avions en défense aérienne.

Quels avions pour quel pont d'envol ? Les caractéristiques des avions retenus dictent, en effet, celles de la plate-forme marine qui va les supporter.

- Dans l'option 1, il faut faire décoller un avion d'environ 20 tonnes et supporter son appontage à plus de 250 km/h. Il faut donc un porte-avions "conventionnel", c'est-à-dire doté de catapultes (*voir photo p. 106*) et d'un dispositif à brins d'arrêt. Selon un point de vue américain, la taille minimale d'un tel navire est de 45 000 tonnes pour, à la fois supporter les contraintes, embarquer un nombre d'avions suffisant (40 à 50) et ne pas trop subir les effets du mauvais temps — mouvements de plate-forme contraires à l'emploi de l'aviation. Nous verrons plus loin comment les ingénieurs français ont résolu ces problèmes. En première analyse, toutefois, le porte-avions conventionnel futur ne pouvait être inférieur en taille et en déplacement au *Foch* et au *Clémenceau*.

... c'est l'instrument idéal pour le contrôle des crises

- L'option 2, avec des "Harrier et des hélicoptères, pouvait se satisfaire de plate-formes nettement plus réduites et plus simples. Des porte-avions légers de 13 000 à 20 000 tonnes ont été construits par trois marines européennes. Beaucoup plus économiques à l'achat comme à l'entretien (sans catapultes ni brins d'arrêt), ils sont cependant soumis à des restrictions. Leur taille réduite limite le groupe aérien embarqué à 20 ou 25 appareils, avions et hélicoptères confondus, ce qui réduit sensiblement l'ampleur des raids de rétorsion qu'un tel navire peut entreprendre. En défense aérienne, on considère qu'il faut six à huit chasseurs et trois hélicoptères pour maintenir en vol en permanence deux chasseurs et un hélicoptère de guet ; soit entre le tiers et la moitié du groupe aérien embarquable.

Certes, une façon de tourner la difficulté consiste à embarquer des Harrier supplémentaires sur des plate-formes de "desserrement" (navires marchands transformés ou transports d'assaut), le porte-avions conservant le contrôle opérationnel des avions et assurant leur maintenance. C'est un pis-aller : les porte-avions légers sont plus gênés que les gros par les caprices du temps. Mais leur handicap majeur est la nécessité pour eux de s'approcher assez près de leur objectif pour tenir compte du rayon d'action limité des avions ADAC/V ([5]). Cela les expose davantage aux actions de représail-

---

(2) Le cas s'est produit pendant la guerre des Malouines. Un bombardier lourd anglais, parti de l'île de l'Ascension, a dû, suite à un incident avec le ravitailleur, se poser au Brésil. L'avion étant armé de bombes, il a été confisqué par les autorités de ce pays pendant toute la durée du conflit.

(3) En dehors de la République populaire de Chine, le seul pays du Tiers-Monde à posséder un sous-marin nucléaire d'attaque (SNA) est l'Inde, grâce à un prêt soviétique. Le Brésil et quelques autres pays ont toujours affirmé leur intention de construire (difficile) ou d'acquérir (tout aussi difficile, sinon plus) des SNA, mais aucun début d'exécution n'a eu lieu jusqu'ici. Des systèmes de propulsion "classiques", mais fonctionnant en circuit fermé en plongée (avec de l'oxygène liquide embarqué, par exemple), commencent à entrer en service, parfois à titre expérimental, dans des marines européennes. Il est probable qu'ils apparaitront dans quelques années dans certaines marines du Tiers-Monde. Ce type de propulsion donne au sous-marin classique une grande autonomie en plongée, supprimant du même coup un sérieux handicap : le risque de commettre une indiscrétion en rechargeant ses batteries (navigation au schnorckel). Par contre, il ne confère pas au sous-marin une mobilité approchante de celle des SNA (faible vitesse de croisière en plongée).

(4) Pendant la guerre des Malouines, les Argentins ont pourtant réussi l'exploit, mais leurs torpilles, modernes, n'ont pas fonctionné. Il est vrai que la flotte anglaise était tenue de croiser à proximité des iles, ce qui a simplifié la tâche du sous-marin pour la localiser. Au demeurant, les marins et les aviateurs argentins ont prouvé que leur valeur n'avait rien à envier à celle de leurs homologues britanniques.

(5) La version anglo-américaine AV-8B du Harrier a, en fait, un rayon d'action équivalent à celui du Super-Etendard. Il est inférieur à celui du F-18 et sera inférieur à celui du Rafale.

les de leurs adversaires. Les opérations autour des Malouines l'ont bien prouvé.

Quels avions choisir ? Constatant la prolifération dans le monde d'avions de combat à hautes performances, Mirage F1 et Mirage 2000 de Dassault, Tornado anglo-germano-italien, F-14, F-15, F-16 et F-18 américains, Mig-25, Mig-29 et Su-24 soviétiques (tous modèles vendus à au moins un pays du Tiers-Monde), l'état-major de la Marine a nettement opté pour un chasseur équivalent qui remplacerait les avions embarqués actuels. Ce choix, entériné par un Conseil restreint de défense de septembre 1980, (en présence du président de la République), rejetait définitivement le porte-avions léger, option étudiée pendant quelques années sous le sigle PA 75 (6).

La taille du futur porte-avions est un compromis entre les souhaits des marins d'avoir la plate-forme la plus vaste possible et une contrainte inévitable : les dimensions des bassins de construction et de radoub de Brest et de Toulon. Il était en effet impensable de confier la construction d'un navire aussi complexe à un chantier sans aucune expérience récente dans la construction de grands navires de guerre. De même, l'entretien ne peut être confié qu'aux arsenaux. Agrandir les bassins ? C'était compliqué et cher (et la facture est déjà assez lourde). Il fallait donc admettre que le nouveau porte-avions eût des dimensions de coque analogues à celles du *Clémenceau* et un déplacement comparable (36 000 tonnes au lieu de 32 700).

Par contre, en optimisant le dessin du pont d'envol, la surface était augmentée de près d'un tiers, soit de 8 800 m² à plus de 12 000 m². On a ainsi réaménagé les volumes intérieurs (voir plus loin) et la surface du hangar est passée de 3 300 m² à 4 600 m². Le *Charles-De-Gaulle* pourra donc embarquer autant d'appareils (40 à 42) que ses devanciers, mais aussi de plus gros. Le hangar pourra en contenir 20 à 25 (selon le type). Comme ses prédécesseurs, il ne pourra pas catapulter et recueillir des avions simultanément, car la catapulte avant déborde sur la piste oblique d'appontage. Cet inconvénient est considéré comme supportable, moins gênant en tout cas qu'une autre disposition des catapultes qui aurait fortement diminué les aires de stationnement sur le pont.

La maîtrise des mouvements de plate-forme est l'objet d'études approfondies : théoriques d'abord, puis au bassin de carènes, enfin avec un modèle libre en aluminium de 20 tonnes (échelle 1/12e) construit en 1986. Les ingénieurs ont imaginé un système original de tranquillisation et de pilotage, le "Satrap", associant des capteurs divers à des calculateurs qui commanderont d'abord deux paires d'ailerons actifs pour réduire la gîte et le roulis, puis les deux safrans, pour assurer une stabilité de route optimale. Quant au tangage, s'il ne peut pas être combattu, il pourra être prédit avec plusieurs secondes d'avance, ce qui facilitera beaucoup le travail des officiers d'appontage. Ainsi équipé, le porte-avions futur pourra, sans restrictions, mettre en œuvre ses avions jusqu'à des mers de force 5/6, fortes à très fortes (hauteur moyenne des lames : 4 à 6 m). Un gros progrès sur ses devanciers.

La propulsion du Charles-De-Gaulle a constitué l'autre grande décision concernant ce bâtiment. Dès 1973, le Conseil supérieur de la Marine (un aréopage d'amiraux) avait décidé que la propulsion des futurs porte-aéronefs serait à chauffe nucléaire. Ce choix n'a pas été remis en question. Pour disposer de la puissance motrice nécessaire, les autres solutions envisageables étaient la propulsion à

POUR DÉCOLLER D'UN PORTE-AVIONS : LE TREMPLIN ...

Les avions fortement motorisés (rapport poussée/poids supérieur à 1) sont capables, sous la seule poussée de leurs réacteurs, de décoller d'une piste courte se terminant par un tremplin incliné vers le haut. Les Américains ont fait des expérimentations à terre. Avec un tremplin à 8°, un F-18 à mi-charge peut décoller en un peu plus de 100 m. Après avoir fait de nombreux essais à terre, les Soviétiques sont passés au stade opérationnel en dotant leur dernier porte-avions, le *Tbilissi*, actuellement en essais (ci-dessous), d'un large tremplin. Des variantes marines du Mig-29 et du Sukhoï Su-27 (celui-là même qui avait fait grosse impression au dernier salon du Bourget) ont décollé sans assistance, après une course d'environ 200 m.



... OU LA CATAPULTE

La majorité des porte-avions font décoller leurs avions avec des catapultes : un "sabot" propulsé par des chaudières coulisse à très grande vitesse le long d'un rail (sur 50-100 mètres) à fleur de piste ; il entraîne l'avion par l'intermédiaire d'une élingue accrochée au ventre de celui-ci (ci-dessus un Super-Etendard sur le *Foch*).

Sur le Charles-De-Gaulle, comme sur les porte-avions américains, le sabot s'enclenchera sur le train avant des avions.

Les catapultes sont des équipements délicats, gros consommateurs d'énergie et exigeant une maintenance importante. En revanche, elles conviennent à tous les avions, alors que le tremplin est impraticable par les avions à hélices et les avions à réaction anciens (par exemple les Super-Etendard) ; de plus, il requiert une grande longueur de pont, 2 à 2,5 fois la course d'une catapulte, au détriment des aires de stationnement et de manœuvre.



vapeur classique, à combustible fossile (mazout ou gazole) ou la turbine à gaz.

Le mauvais rendement énergétique de la première l'a fait abandonner tant dans la marine marchande qu'au sein des marines de guerre. La frégate *De Grasse* (5 950 tonnes), mise en service en 1977, est le dernier bâtiment de la Marine nationale construit avec une chauffe au gazole (puissance motrice : 54 400 ch). En outre, la chauffe classique se prête mal à l'automatisation lorsque le cycle de fonctionnement comprend beaucoup de variations d'allure, ce qui est la pratique habituelle des navires de guerre. Elle demande donc un personnel nombreux pour la conduite et l'entretien. Mais surtout elle occupe un volume important (six chaudières sur le *Clémenceau* et le *Foch* et des soutes pour 3 700 tonnes de mazout).

La propulsion par turbines à gaz aurait signifié un achat à l'étranger (Grande-Bretagne, mais plus probablement Etats-Unis) car il n'y a pas d'industriel français qui ait investi dans le développement de turbines à gaz marines. Les modèles récents ont

---

(6) Le PA 75 de 18 000 tonnes, à propulsion nucléaire, était une version avec tremplin du porte-hélicoptères 75 (PH 75), envisagé par le "Plan Bleu" de 1972 pour remplacer l'Arromanches désarmé en 1974. le PH 75 aurait dû entrer en service fin 1980. Le PA 75, dont la mise en chantier était envisagée au cours de la Loi de programmation militaire 1977-82, aurait été capable de mettre en œuvre des avions ADAC/V. Pour l'état-major de la Marine, il apparaissait plus comme un complément aux porte-avions en service que comme leur remplaçant. Avec trois unités en service, il était alors possible de disposer en permanence des deux bâtiments opérationnels, l'un gréé en porte-avions, l'autre en porte-hélicoptères/porte-avions ADAC/V. Consciente de ce que les perspectives économiques pouvaient offrir au début de la décennie 1980, la Marine a rapidement abandonné l'idée d'avoir trois porte-avions.

Le Charles-De-Gaulle pour quoi faire : scénario

Une fois n'est pas coutume, les Européens sont en première ligne. Dans cette crise, le président des Etats-Unis, un démocrate, a choisi de rester un peu en retrait.

En ce début de siècle, le Balakistan est au bord de l'asphyxie. Le Tcherkif, son puissant et seul voisin, a décidé de lui imposer un blocus naval, aérien et bien sûr terrestre. Les Tcherkives n'osent pas s'aventuer en territoire balakistanais à cause de la configuration du terrain, particulièrement favorable aux défenseurs, de farouches guerriers. Ils espèrent obtenir l'annexion du petit Etat par l'étranglement.

Pour tenir le blocus, le gouvernement tcherkive compte beaucoup sur son aviation, relativement puissante, et composée en partie d'avions d'origine chinoise, dont les récents Xia-M-17, qui n'ont rien à envier aux chasseurs occidentaux de la génération immédiatement précédente.

Après une condamnation de l'agression par les instances de l'ONU, les Occidentaux ont décidé d'escorter militairement leurs navires marchands jusqu'au port de Balakistan. Au début, tout se passa sans heurts. Mais très vite les incidents se multiplièrent et croissèrent en gravité, jusqu'à ce qu'une frégate italienne soit gravement endommagée par un missile air-mer tiré d'hélicoptère, et s'en sorte de justesse.

Le porte-avions léger anglais *Ark Royal*, dans les parages depuis le début de la crise, ne peut, avec sa douzaine de Harrier, se permettre de défier l'aviation tcherkive. Le gouvernement de ce pays a, en outre, décrété une zone d'exclusion de 200 milles autour de ses côtes, dans laquelle il justifie par avance toute "méprise" qui pourrait être le fait de ses forces.

Les Européens ont décidé de réagir plus vigoureusement. Le porte-avions léger espagnol *Principe de Asturias* et son groupe, en mission de représentation dans la région, se sont rendus discrètement au large du Balakistan au lieu de rentrer en Espagne. La France a fait appareiller le *Charles-De-Gaulle*, qui vient d'achever ses essais opérationnels, et son escorte. Le *Charles-De-Gaulle* a embarqué tout ce qu'il y avait comme Rafale M disponibles, en tout 32 appareils. Aujourd'hui, les trois porte-avions sont réunis sous

enfin réduit un handicap majeur de ce type de propulsion : le très mauvais rendement aux basses et moyennes vitesses. Les turbines à gaz sont d'un entretien relativement coûteux.

Autre inconvénient : il faut évacuer des gaz chauds (ce qui nécessite des conduits importants) et les éloigner des antennes radar, des capteurs infrarouges (IR) et des équipements de guerre électroniques. D'où la nécessité d'agrandir les superstructures ("l'îlot") au détriment de la surface disponible sur le pont. Par ailleurs, les gaz augmentent la signature IR du bâtiment. Pis encore : ces chaudières ne produisent pas la vapeur indispensable aux catapultes. Il faut donc s'équiper d'une ou deux (pour la redondance) chaudières auxiliaires; ce qui diminue singulièrement les avantages des turbines à gaz.

Dans les zones à risques, il est protégé par son escorte contre tout intrus

Bien évidemment, la chauffe nucléaire assure une autonomie considérable. Puis elle économise le poids et la place : 2 500 t et 4 000 m³ de moins, selon les estimations faites au début du projet. Ces gains profitent aux capacités opérationnelles. Le hangar aviation a donc pu être agrandi (voir ci-dessus). Le *Charles-De-Gaulle* embarquera 3 000 m³ de carburéacteur et 4 900 m³ de munitions aéronautiques diverses, contre respectivement 1 800 m³ et 3 000 m³ sur ses devanciers (7). Il emportera également du gazole pour ravitailler les bâtiments de son escorte. Ainsi sans éliminer totalement la dépendance du porte-avions vis-à-vis de son train d'escadre, la chauffe nucléaire la réduira sensiblement.

Au passif, il y a, bien sûr, la sécurité, qui ne peut tolérer aucune impasse, ce qui augmente les coûts. Les deux réacteurs du *Charles-De-Gaulle* seront installés dans deux enceintes résistantes indépendantes, elles-mêmes situées à l'intérieur du caisson blindé du navire. Des structures spéciales seront disposées latéralement autour des enceintes nucléaires pour les mettre à l'abri des conséquences d'un éventuel abordage. Enfin, accessoirement, le nucléaire souffre d'un préjugé hostile dans une partie de l'opinion publique, française ou étrangère (lors des escales), et dans certains gouvernements (8).

Le coût a soulevé d'autres polémiques. Sur le *Charles-De-Gaulle*, le prix de la seule propulsion représente environ 30 % du prix du bâtiment, dont 18 % pour les chaufferies elles-mêmes. Pour le PA 75 de 18 000 tonnes, projet mort-né (7), le surcoût engendré par la chauffe nucléaire était estimé à moins de 10 % du prix du navire. L'adoption de deux ensembles de propulsion (chaufferie intégrée type K 15 à eau pressurisée et groupe turbine à vapeur), identiques à ceux qu'on destine aux nouveaux sous-marins nucléaires lanceurs d'engins (SMLE) de la classe *Le-Triomphant*, a beaucoup réduit les coûts d'études et de développement. En revanche, la puissance motrice disponible n'est que de 83 000 ch, sur deux lignes d'arbres (au lieu de 126 000 ch), ce qui limite la vitesse maximale du porte-avions nucléaire à 27 nœuds (au lieu de 31 nœuds pour ses devanciers).

Cette dernière "faiblesse", relative, a été soulignée par la presse française et étrangère. Mais elle est un faux problème. D'une part, la différence joue sur deux ou trois nœuds. Ensuite, la vitesse ne doit pas être considérée comme une performance isolée. Elle doit être envisagée comme un critère de mobilité tactique, et ce qui compte alors est la vitesse qui peut être raisonnablement soutenue sur de longues périodes. A cet égard, le porte-avions nucléaire est gagnant sur tous les plans : son auto-



l'autorité de l'amiral Wood, un vieux routier de la zone.

Les intentions des Européens sont d'attaquer simultanément les trois bases d'Al-Zheta, de Fewik et de Torka, également aéroport international (au-delà de l'horizon sur notre dessin), où est concentrée la plus grande partie des avions de combat tcherkives. Les Européens disposent d'informations fiables sur ces bases, grâce aux satellites, militaires et civils. Les deux premières, plus près des côtes seront attaquées par les Harrier des deux porte-avions légers (qui entre-temps ont reçu chacun un complément d'avions, apporté par le transport d'aviation *Argus*. Chaque porte-avions dispose maintenant de 16 Harriers ; quelques hélicoptères ont été débarqués). Fewik abrite aussi une unité de missiles sol-sol qui menacent la ville et le port de Balakistan. Torka, plus à l'intérieur, sera attaquée par les Rafale du *Charles-De-Gaulle*.

Outre un rayon d'action plus important et une meilleure aptitude à esquiver les coup de l'adversaire, le Rafale se distingue par les performances de son système de navigation et d'attaque. Il utilise le procédé de la corrélation automatique entre une image radar instantanée du terrain qu'il enregistre en temps réel, et une image pré-enregistrée grâce aux satellites.

Cela donne une excellente précision jusque dans les moindres détails. Justement, cette nuit, une mise à jour concernant la dispersion des avions sur la base de Torka est arrivée de Paris par l'intermédiaire de la liaison par satellite Syracuse-2. Les informations obtenues du satellite européen d'observation militaire Hélios sont entrées dans les calculateurs du système d'aide à la décision du porte-avions. Plus tard, au moment du raid, les éléments utiles seront directement introduits dans le calculteur de chaque avion et ceux de ses missiles grâce à une cassette. Les Rafale seront armés de missiles anti-radars STAR (pour détruire les radars du contrôle aérien, d'origine hollandaise) et de missiles à sous-munitions Matra Apache de près de 150 km de portée.

Pendant l'approche et l'attaque, la couverture aérienne des différents groupes de porte-avions sera assurée par d'autres Rafale épaulés par les

nomie est pratiquement illimitée (plusieurs années d'affilée à 25 nœuds) et par mauvaise mer, sa taille lui permet de mieux conserver sa vitesse que ses rivaux plus légers. D'ailleurs, les uns comme les autres sont dépendants de la vitesse maximale que pourront soutenir les bâtiments d'escorte dans les conditions de mer du moment.

Enfin, pour un porte-avions conventionnel, la vitesse du navire peut jouer sur les aptitudes à faire décoller les avions. A la vitesse de sortie (de l'avion) de la catapulte, s'ajoutent le vent vrai et le vent dû à la vitesse du navire (la somme des deux s'appelle le vent sur le pont). Avec leurs catapultes de 50 m, capables de lancer un avion de 15 tonnes à 130 nœuds (240 km/h), le *Foch* et le *Clémenceau* se trouvent un peu "justes" les jours sans vent dans les régions chaudes où la portance de l'air s'affaiblit. Chaque nœud gagné alors se traduit en gain de poids pour l'avion lancé. Le *Charles-De-Gaulle*, avec ses deux catapultes américaines de 75 m de long (un avion de 22 tonnes lancé à 140 nœuds, soit 260 km/h), sera dans une situation beaucoup plus confortable.

Le choix des avions illustre parfaitement les difficultés qu'affrontent les planificateurs lorsque, aux données opérationnelles, s'ajoutent les pesanteurs budgétaires, les indécisions politiques et les intérêts industriels. Témoin l'affaire du remplacement des intercepteurs Crusader.

En 1980, pour lancer les études du porte-avions lui-même, la Marine avait défini un avion "enveloppe" calqué sur le F-18 américain, seul avion disponible sur le marché ayant les performances souhaitées et capable de se satisfaire des dimensions réduites des porte-avions français. La Marine caressait l'espoir de remplacer assez rapidement ses Crusader mis en service en 1964-1965 (à la même époque que les premiers Mirage III E) et dont les capacités opérationnelles s'amenuisaient au fil des ans. Les incertitudes politiques qui ont pesé sur le programme de porte-avions au début de la décennie ont fait repousser d'année en année la décision concernant le futur "avion de combat marine" (ACM).

Parut alors le Rafale, dont les performances se révélèrent suffisamment prometteuses pour intéresser les marins (notamment les écarts de vitesse envisageables). Une solution nationale ou européenne apparaissait possible. Lorsqu'un programme purement national d'avion de combat futur fut décidé, après l'échec d'une tentative de coopération européenne — dans le projet EFA — ([10]), la Marine s'y associa, pour s'assurer de contrôler dès le début les contraintes spécifiques d'un appareil embarqué.

La Marine participe au financement des études de développement et d'industrialisation à hauteur de 20 % (25 % à l'origine) de la part de l'Etat (financement total qui devrait dépasser 30 milliards de francs). Cependant, diverses interrogations à propos de ce programme ACT/ACM (avion de combat tactique/avion de combat marine), des changements de gouvernement et la difficulté du montage financier de l'opération ont causé des retards de plusieurs années, avec une mise en service de la version appui tactique (la première demandée par l'Armée

(7) Un porte-avions américain classique emporte du carburéacteur pour 5 à 6 jours d'opérations aériennes intensives (pour 85 avions), tandis qu'un porte-avions nucléaire de même taille en emporte pour 10 à 11 jours.

(8) Impact qui peut être largement exploité à des fins partisanes. Au demeurant, un navire de guerre à propulsion classique n'est pas à l'abri de démonstrations d'hostilités ou d'attitudes de rejet lorsqu'il est suspecté de détenir des armes nucléaires. Les démêlés du gouvernement britannique avec celui d'Australie à l'occasion d'une escale du porte-avions *Invincible* en sont la preuve.

(9) Notons qu'un des arguments évoqués pour ne pas se rallier au projet *European Fighter Aircraft* (EFA) fut que l'avion envisagé était trop lourd pour un emploi sur les porte-avions français...



••• Le Charles-De-Gaulle pour quoi

avions et les hélicoptères de guet aérien. Français et Britanniques se sont entraînés les jours passés à faire du ravitaillement en vol combiné, Rafale par Harrier, et vice-versa. Ainsi, les Rafale placés en protection de l'*Ark Royal* **(1)** pourront rester plus longtemps sur zone, économisant sur les temps de transit dus à l'étendue du dispositif naval.

L'attaque des trois terrains est prévue en fin d'après-midi. L'approche des trois groupes de porte-avions se fait en silence électronique complet. Seuls les radars des avions **(2)** et des hélicoptères **(2)** de guet aérien (AEW) fouillent l'éther sans discontinuer. Les navires comptent aussi sur leur équipements de veille et d'alerte infrarouge.

Vers 10 heures, un écho d'avion est détecté simultanément par les radars français et britanniques. Il est encore loin des navires, mais son plan de vol est étrange. Une patrouille de Rafale en station est guidée vers l'intrus par identification. Il s'agit d'un vieux Boeing 737 arborant ostensiblement les couleurs de la compagnie aérienne tcherkive.

Toutefois, divers appendices rajoutés sur le fuselage et des pods sous les ailes trahissent l'avion militaire en mission de renseignement.

Par ailleurs, des émissions électroniques sont maintenant captées sur différents navires de la flotte, et la goniométrie en attribue sans faille l'origine à cet avion. Ordre est donné de l'abattre ; les Rafale s'éloignent un peu, un missile air-air MICA fait son œuvre. C'est le premier acte d'une longue journée : il est 10 h 38.

Cet événement provoque une grande fébrilité sur les bases aériennes tcherkives, d'autant que les alliés se livrent à quelques opérations de brouillage offensif faisant croire à l'imminence d'une attaque. De nombreux avions tcherkives sont mis en l'air, certains patrouillent le long de la côte. Toutefois, faute de reconnaissance maritime, l'aviation tcherkive ne peut inquiéter les porte-avions. Au milieu de l'après-midi l'activité décroit.

A l'heure dite, en fin de journée, les raids alliés sont lancés : 12 Harrier **(3)** à partir de chacun des porte-avions anglais et espagnol, 18 Rafale **(4)** depuis le *Charle-De-Gaulle*. Sans être

Principe de Asturias

faire : scénario d'une intervention (suite)

totale, la surprise est suffisante pour obtenir le succès. Arrivant au ras des flots, les chasseurs européens ont lancé leurs missiles à distance de sécurité, puis ont fait demi-tour. Les missiles sont arrivés sur les bases ennemies au crépuscule, et ont surpris la plupart des avions au nid.

Sur le chemin du retour, un bref engagement entre deux Rafale et deux Xia-M-17 (**5**) s'est terminé par la perte d'au moins un de ces derniers appareils. Seuls un Harrier britannique et un Rafale sont portés manquants ; on ne sait pas ce que sont devenus leurs pilotes.

Pendant ce temps, le vieux croiseur porte-hélicoptères *Vittoria Veneto* déclenchait, avec ses hélicoptères (**6**), ceux des frégates et des destroyers, et ceux des porte-avions légers (au total 15 machines), une vaste chasse à l'homme tout le long de la côte pour trouver les deux sous-marins et les quelques patrouilleurs lance-missiles de la flotte tcherkive.

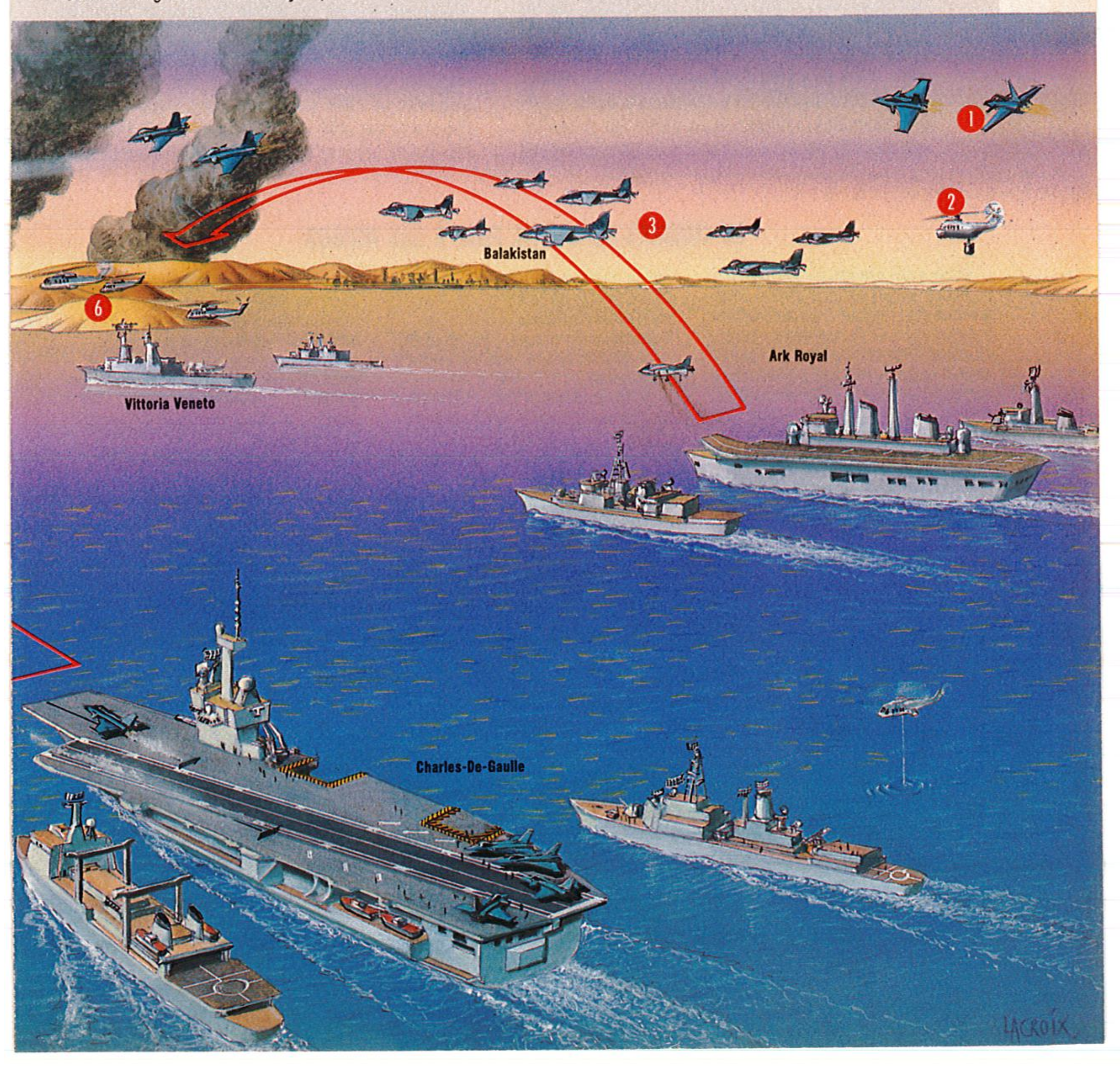
Cela signifiait, pour les hélicoptères, s'aventurer entre les îles et les îlots rocheux qui parsèment cette côte, dans des eaux où les grands bâtiments de combat ne peuvent se risquer. Il fallait profiter du fait que les forces aériennenes adverses devaient être occupées ailleurs...

Finalement, un des deux sous-marins fut repéré près du port de Fewik, et, grâce à une vigoureuse attaque à la grenade d'un Eurocopter NH-90 italien (**7**), il fut contraint à s'échouer. Plus au nord, un patrouilleur lance-missiles avait été pulvérisé par le tir croisé d'un missile Sea Skua anglais et d'un Exocet AM 39 français, tous deux tirés d'hélicoptère.

A la nuit tombée, tous les bâtiments alliés faisaient route à l'est pour venir se placer complètement sous la protection des avions du *Charles-De-Gaulle*.

Le lendemain, au petit jour, quatre cargos entreront sans encombre dans le port de Balakistan. Symboliquement, ils arboreront le pavillon de la Communauté européenne. Ils ont été accompagnés par deux frégates et deux chasseurs de mines. Auparavant le satellite Hélios avait confirmé le succès des raids.

Le temps de la négociation peut commencer.



de l'air, pour remplacer le Jaguar) en 1996-1997.

La Marine allait donc manquer l'échéance du remplacement des Crusader, dont l'espérance de vie ne pouvait dépasser 1993 : mais elle serait aussi en avance pour le remplacement des Super-Etendard modernisés (voir ci-dessous) prévu au plus tôt à partir de 2005. D'où la suggestion d'une solution intérimaire : l'achat (ou à défaut le *leasing*) d'une quinzaine de F-18 d'occasion ayant encore un bon potentiel de vol, pour remplacer les Crusader d'ici 1993, dans le rôle d'intercepteurs.

Il a une surprenante capacité à encaisser les coups

Une campagne d'évaluation du F-18 à bord du *Foch* était envisagée pour vérifier l'aptitude de l'avion américain à utiliser cette plate-forme, car les marges sont faibles (rappelons que le *Foch* est prévu pour rester en service jusqu'en 2005). Cet achat d'avions américains était estimé à 3,5 milliards de francs, inscrits en partie sur l'actuelle loi de programmation militaire et en partie sur l'exercice suivant. Ces avions seraient restés en service jusqu'à l'apparition de la version interception de l'ACM.

Les propositions de la Marine furent mal accueillies. Autres polémiques ! La Marine fut accusée, à notre avis à tort, de méfiance envers le programme ACT/ACM. Puis Dassault affirma qu'une commande française de F-18 porterait atteinte au crédit du Rafale à l'étranger. Plus sérieux : cette proposition remettait en cause le subtil équilibre du montage financier de l'opération ACT/ACM (la Marine aurait amené sa part de financement avec plusieurs années de décalage).

La question fut finalement tranchée en décembre 1989 par plusieurs décisions du ministre de la Défense :

- abandon de la campagne d'évaluation du F-18 ;
- accélération du développement de la version intercepteur marine du Rafale. Le premier avion devrait voler en septembre 1996 ;
- modernisation des Crusader en service. Dix-sept avions seront touchés par cette mesure, qui s'étendra de 1992 à 1994 pour prolonger de cinq à six ans la vie utile de ces "trentenaires". Pour des raisons techniques et financières, cette modernisa-

LE CHARLES-DE-GAULLE FACE À SES RIVAUX

Grâce à ses astuces de construction et à ses avions dernier-cri, le futur porte-avions français n'a rien à envier à ses rivaux de la catégorie "poids-lourds". Sommairement, les porte-avions peuvent être classés en deux grandes catégories : celle des navires capables de mettre en œuvre des avions conventionnels, et celle des bâtiments limités à l'utilisation d'avions à décollage et appontage courts ou verticaux (ADAC/V) et d'hélicoptères. Voici la liste de ces bâtiments dans les différentes marines de guerre du monde.

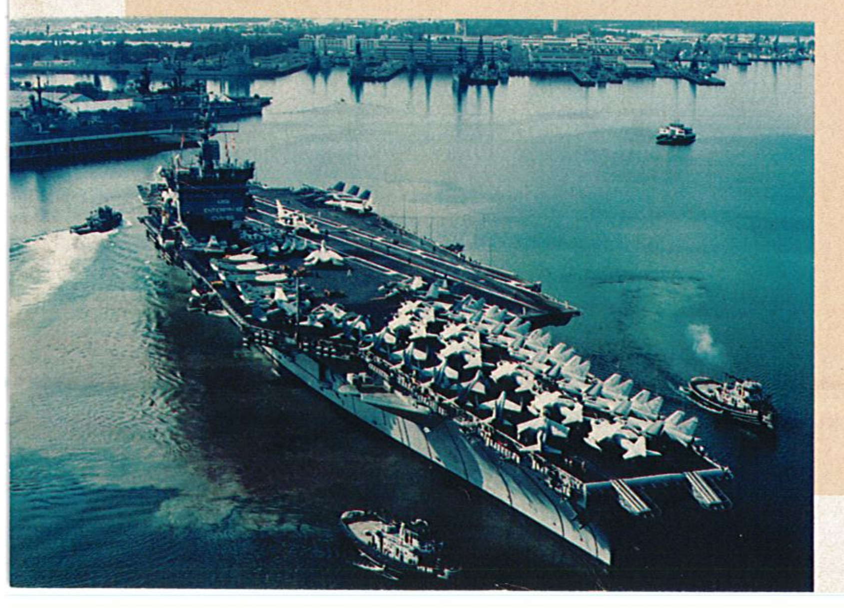
LES PORTE-AVIONS CONVENTIONNELS

Etats-Unis. En service : 15, dont 6 à propulsion nucléaire, plus un réservé à l'instruction.

- 5 de la classe *Nimitz* (1975-89) : 93 000 à 103 000 t, propulsion nucléaire, plus de 30 nœuds ; 4 catapultes, 85 à 60 avions et hélicoptères. Coût : 3,7 milliards de dollars.
- *Enterprise* (1961) : 95 500 t, propulsion nucléaire, 33 nœuds ; 4 catapultes, 86 avions et hélicoptères. Doit subir en 1991-95 une refonte de 42 mois qui prolongera sa vie active de 20 ans. Coût 2 milliards de dollars.
- 4 de la classe *Kitty Hawk/John F. Kennedy* (1961-1968) : 81 000 à 83 000 t, turbines à vapeur, 32 nœuds ; 4 catapultes, 85 à 90 avions et hélicoptères.
- 4 de la classe *Forrestal* (1955-1959) : 80 500 à 82 500 t, turbines à vapeur, 33 nœuds ; 4 catapultes, 86 avions et hélicoptères. Subissent, comme les précédents, une refonte de 28 à 34 mois qui prolongera de 15 ans leur vie utile.
- *Le Midway* (1945) : 67 500 t, turbines à vapeur, 30 nœuds ; 3 catapultes, 65 avions et hélicoptères. Doit être désarmé prochainement.
- Le *Lexington* (1943) : 42 500 t, turbines à vapeur, 30 nœuds, réservé à l'instruction des pilotes embarqués.
- En construction ou en projet : 3 de la classe *Nimitz* amélioré, dont un sur cale (mise en service juillet 92) et deux autres financés et commandés mais pas encore sur cale. (Prévisions de mise en service fin 1995 et mi-1998).

Argentine

- 25 *de Mayo* (1945) ex-anglais : 20 000 t, turbines à vapeur, 24 nœuds à l'origine, beaucoup moins maintenant. Ne navigue plus, suite à de per-



tion sera limitée au renforcement de la structure (vieillie), à la réfection du câblage, à la rénovation de l'hydraulique et au remplacement de quelques équipements. Toutes ces opérations étant jugées indispensables pour garantir la sécurité, améliorer la disponibilité des appareils et réduire les coûts de maintenance (qui atteignent actuellement le niveau prohibitif de 58 hommes-heure par heure de vol).

Par contre, le système d'arme ne sera pas modifié, et à court terme les Crusader perdont la capacité de tir de missiles tout temps (ils ne seront armés que de missiles temps clair Magic 2). Coût de l'opération : 700 millions de francs.

Le Rafale sera donc l'avion de combat du Charles-De-Gaulle. Le premier prototype marine, M 01 devrait voler en novembre 1991. En 1992, il effectuera à terre des essais d'appontage et de catapultage aux Etats-Unis, puis à bord du *Foch*. Les versions marine et air sont communes à 80 % sur la masse à vide, à 95 % sur les systèmes et à 90 % en termes de coût. Les renforts structuraux nécessaires n'alourdiront la version embarquée que de 700 kg (10).

La Marine envisage d'acquérir 86 avions (une dizaine par an), dont 20 en version d'interception, une dizaine pour la reconnaissance et le reste pour l'attaque des navires à la mer (missile AM 39, puis ANS) et des objectifs terrestres (missiles Apache).

En attendant cette dernière version, une cinquantaine de Super-Etendard doivent être modernisés : nouveau radar à plus longue portée, nouveau cockpit plus commode par nuit noire, remplacement du calculateur de navigation et d'attaque, ajout de deux points d'emport pour des équipements de contre-mesures et de vision de nuit (FLIR). Ce programme s'étendra de 1992 à 1997.

Pour le guet aérien, la Marine préfère nettement l'avion (ce qui serait cohérent avec le choix de l'ACM supersonique, voir ci-dessus). Plusieurs solutions sont à l'étude :

- achat aux Etats-Unis de quelques avions Grumman E2C Hawkeye : c'est la solution la plus chère, mais la plus performante ;
- transformation de quelques Alizés : c'est la solution la plus économique. Mais ces avions ont déjà

(suite du texte page 174)

(10) Pour les caractéristiques et performances du Rafale, se reporter à d'autres articles de la revue (notamment *S & V* n° 830, p. 94 et n° 861, p. 90).

pétuels problèmes de machines ; un programme de modernisation est en suspens faute de financement.

Brésil

- *Minas Gerais* (1945) ex-anglais : mêmes caractéristiques que le porte-avions argentin. N'embarque plus d'avions de combat à réaction. Semble immobilisé, son avenir est incertain. Son remplacement est à l'étude depuis déjà plusieurs années.

URSS

- En essais : le *Tbilissi*, 67 000 t, turbines à vapeur et turbines à gaz, 32 nœuds, pas de catapultes mais un tremplin à l'avant, environ 60 avions et hélicoptères.
- En construction : 2 autres unités dont un jumeau du *Tbilissi*, et un navire plus gros, qui pourrait être équipé de catapultes.

LES PORTE-AVIONS ADAC/V

Grande-Bretagne

- 3 de la classe *Invincible* (1980-1985) : 20 000 t, turbines à gaz, 28 nœuds ; tremplin avant à 12° ; 21 avions et hélicoptères. Deux des bâtiments sont en service actif, et le troisième en refonte ou maintenu désarmé en réserve.

Espagne

- **Principe de Asturias** (1989) construit en Espagne sur des ébauches de plans américains : 16 700 t, turbines à gaz, 26 nœuds ; tremplin à 12°, 30 avions et hélicoptères.

Italie

- *Giuseppe-Garibaldi* (1987) : 13 700 t, turbines à gaz, 30 nœuds ; tremplin de 6,5°, 18 hélicoptères. Embarquera ultérieurement des avions ADAC/V Harrier, maintenant que la marine italienne a légalement le droit de posséder des avions à ailes fixes. Un deuxième bâtiment est envisagé.

Inde

- En service. Le *Viraat* (1959), ex-anglais : 29 200 t, turbines à vapeur, 28 nœuds ; tremplin à 12°, jusqu'à 35 avions et hélicoptères. Le Vikrant (1961), ex-anglais : 20 000 t, turbines à vapeur, 24 nœuds ; tremplin à 10°, 15 avions et hélicoptères. Comme le précédent, c'est un ancien porte-avions conventionnel débarrassé de sa catapulte, et doté après coup d'un tremplin soudé sur le pont.
- En projet. En 1989, l'Inde a annoncé son intention de construire deux nouveaux porte-avions qui pourraient être conventionnels. Un contrat d'étude a été passé avec la société française SOFMA. Ces navires seront construits en Inde.

URSS

- 3 de la classe *Kiev* (1975-82), et une unité améliorée, le Baku (1987) : 38 000 t, turbines à vapeur, 32 nœuds ; pas de catapulte ni de tremplin, les avions décollant et appontant verticalement : 30 à 35 avions et hélicoptères. Toute la partie avant du pont est occupée par un armement considérable de missiles, ce qui justifie, aux yeux des Soviétiques, la désignation de ces bâtiments comme "croiseurs porte-aéronefs tactiques".



Etats-Unis

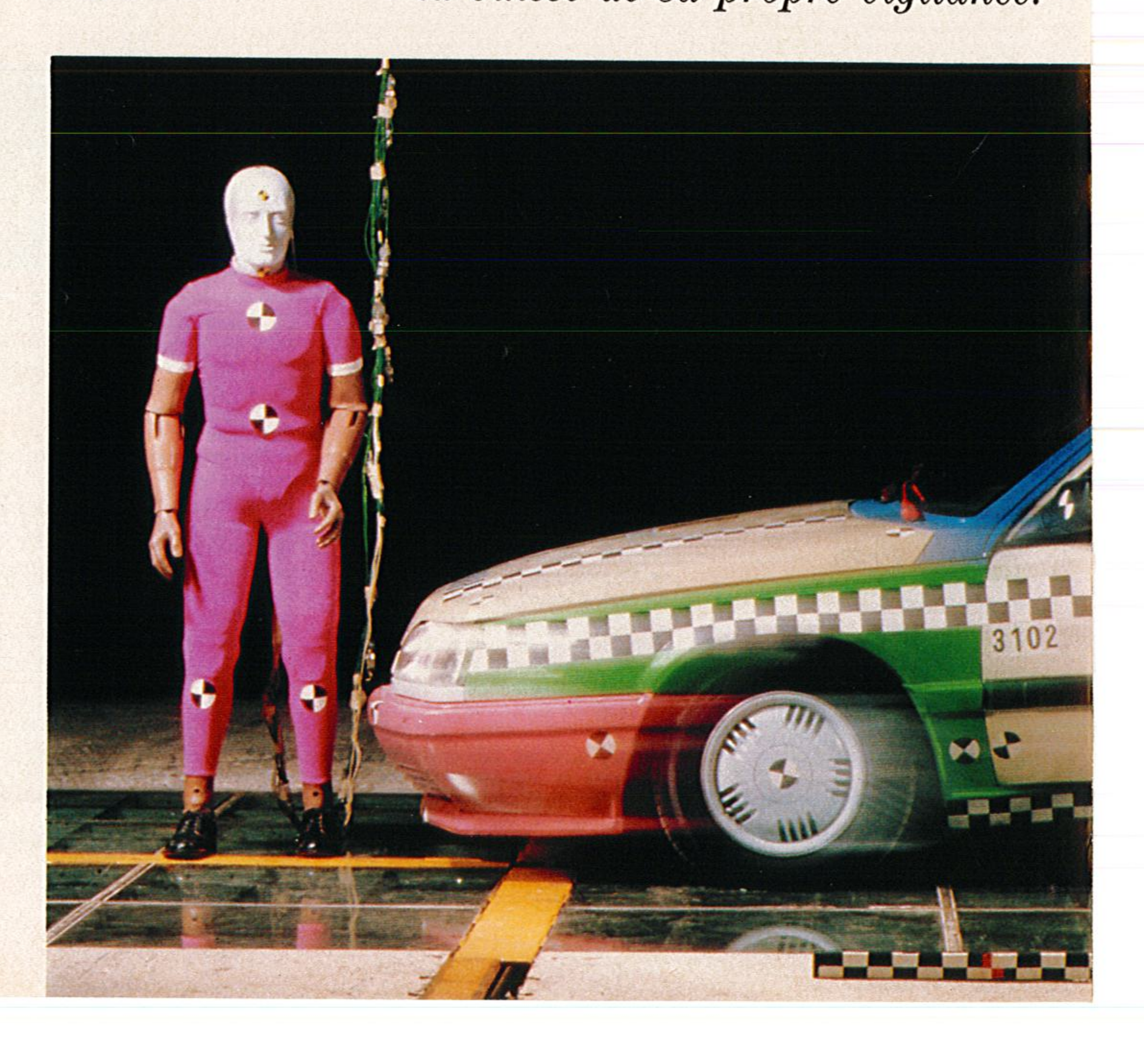
- Bien qu'ils ne soient pas catalogués comme porte-avions, les porte-hélicoptères et les transports d'assaut de la flotte américaine ont des capacités d'emport et de mise en œuvre d'avions ADAC/V qui les rendent certainement plus puissants que plusieurs des navires cités ci-dessus.

D'autres pays envisagent de se doter d'un ou plusieurs porte-hélicoptères ou porte-avions légers.

- Le Japon envisage des unités de 16 000 à 20 000 t pour la protection de ses communications maritimes. Il montre un intérêt soutenu pour l'avion ADAC/V Harrier.
- La Thaïlande a discuté avec plusieurs chantiers européens la construction d'une unité de 8 000 t.

LA VOITURE CONTRE L'ACCIDENT

Les voitures françaises seront peut-être un jour les plus sûres du monde : les constructeurs s'attaquent à l'accident sur trois fronts : en limitant, par une structure antichoc, ses effets meurtriers lorsqu'il s'est produit ; en éliminant autant que possible les circonstances où il se produit le plus fréquemment ; en mettant sur pied un véritable "dialogue" électronique entre la voiture et la signalisation routière, qui protègera le pilote contre la baisse de sa propre vigilance.



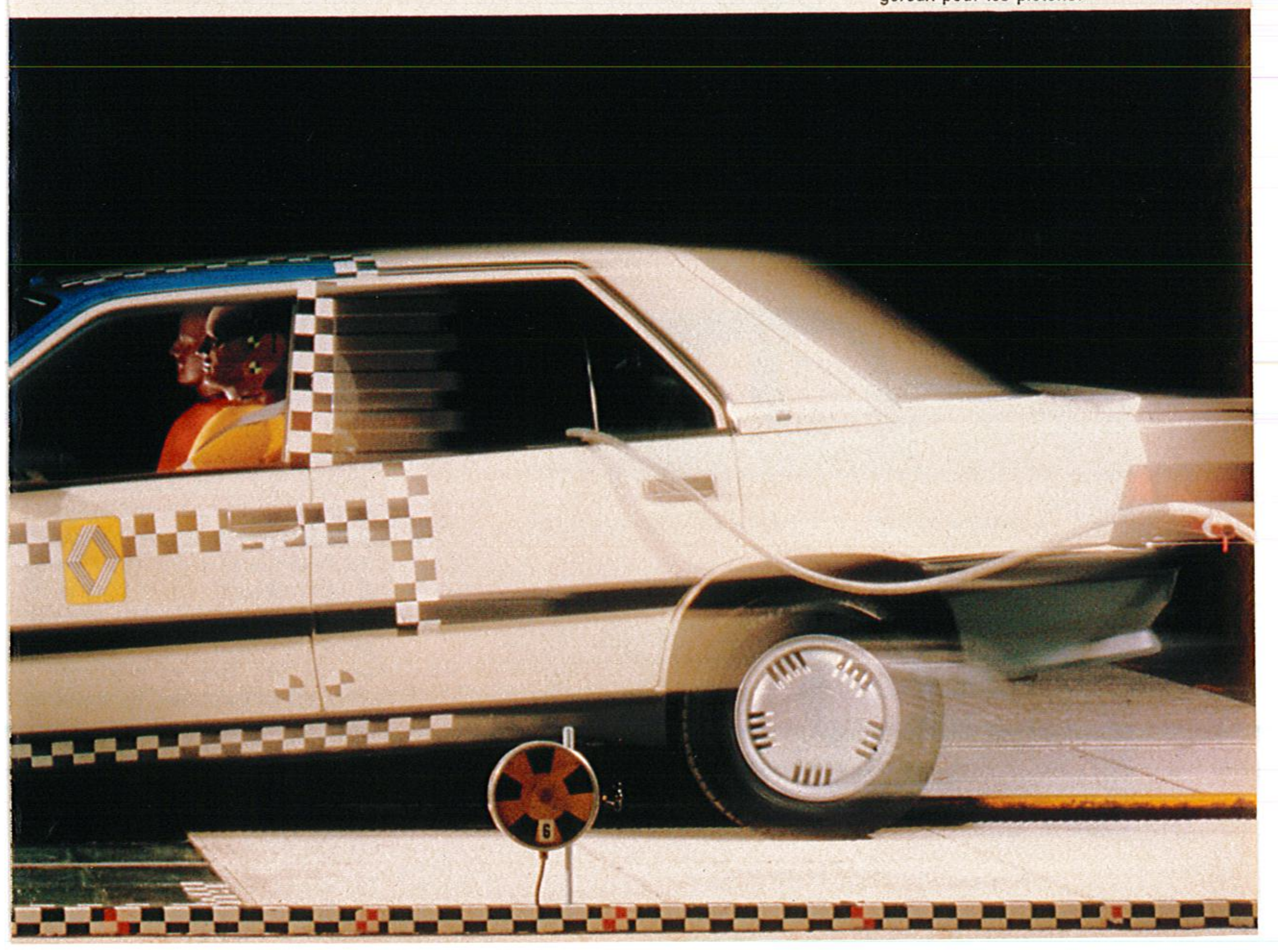
PAR LUC AUGIER

La France s'est longtemps flattée de posséder le plus beau réseau routier du monde, avant de se laisser distancer dans la construction des autoroutes. Berceau de la traction-avant, elle a toujours revendiqué, à juste titre, les voitures dotées de la meilleure tenue de route. Depuis 15 ans, elle s'est pourvue d'une délégation interministérielle à la Sécurité routière, orchestrée par un Monsieur Sécurité relevant directement du Premier ministre. A l'occasion des grandes migrations, elle lance des campagnes de mobilisation, telles "Drapeau blanc" ou "Faisons la route ensemble". Elle milite pour le port obligatoire de la ceinture de sécurité et contre l'alcool au volant, dispositions coercitives à l'appui. Elle traque l'excès de vitesse à coups de radars. Mais le progrès stagne depuis cinq ans, le nombre annuel de victimes de la route bute sur le chiffre dramatique de 10 000 morts, prouvant les limites de la stratégie mise en œuvre.

Ce pays dispose pourtant d'un outil qu'on lui envie partout dans le monde : le laboratoire d'accidentologie et de biomécanique créé par Peugeot et Renault en 1969, et étendu depuis à Citroën. Et s'il demeure un domaine de totale et franche coopération entre le constructeur nationalisé et son concurrent privé, qui échappe à la méfiance de leur rivalité, c'est bien celui-là. Des physiciens et médecins communs, ayant voix dans les bureaux d'études, collaborent avec la police, la gendarmerie et les services hospitaliers pour décortiquer et analyser depuis l'origine 8 200 accidents survenus dans le périmètre Paris-Rambouillet-Mantes. Quelles en ont été les causes, à quelle vitesse et dans quelles circonstances se sont-ils produits ? Quelles en ont été les conséquences ? Quelles étaient les voitures impliquées ? Comment auraient-ils pu éventuellement être évités ou minimisés ?

L'accident minimisé. L'accumulation de ces données a aujourd'hui permis de mieux connaître l'homme, ses réactions avant et après l'accident, les tolérances de résistance de l'organisme aux chocs. Elle a permis de concevoir des mannequins de plus en plus "bio-fidèles" pour les essais de collision en laboratoire les plus représentatifs possibles de la réalité (400 par an pour Renault comme pour PSA) ;

Des mannequins bio-fidèles, reproduisant de très près les caractéristiques mécaniques du corps humain (squelette, organes, etc.) et bourrés d'électronique, servent à simuler tous types d'accidents et à mettre au point des voitures aux matériaux et aux lignes moins dangereux pour les piétons.



de nourrir les programmes informatiques pour les simulations par le calcul, qui guident désormais la conception des voitures et précèdent au moins d'un an la réalisation de prototypes et l'expérimentation, balayant le maximum de solutions pour retenir les plus efficaces avant le point de non retour. Avec un constat qui confirme des lois imprescriptibles : la voiture doit être déformable à l'avant, à l'arrière et sur les côtés pour absorber l'énergie du choc ; l'habitacle doit demeurer intact pour préserver un espace de survie et les occupants doivent en rester intimement solidaires par des moyens de retenue.

- A 50 km/h, en freinant au maximum de ses possibilités, une voiture s'arrête sur 15 mètres. La décélération moyenne mesurée est de 0,8 g : chacun a pu en éprouver les contraintes.
- A ces mêmes 50 km/h, la même voiture s'écrasant contre un arbre aura une distance moyenne d'arrêt d'environ 1 mètre, correspondant à la déformation de l'avant. Si on y ajoute les 50 cm obtenus dans l'habitacle par la ceinture tenant le conducteur éloigné du tableau de bord, on obtient 1,50 m. La décélération, qui varie en fonction inverse de la distance, est donc dix fois supérieure et atteint 8 g. Le corps du conducteur pèse 8 fois plus lourd pendant cette phase. C'est encore supportable.
- Toujours à 50 km/h, un conducteur non ceinturé ne profite d'aucune des deux distances d'arrêt. En dépit du choc, qui n'arrête que le véhicule, son déplacement se poursuit à la vitesse initiale de 50 km/h. Il vient heurter le volant et le pare-brise ou le tableau de bord dont les distances de déformation sont de 10 cm au maximum. Cette fois, la décélération est 10 fois supérieure à la précédente, soit 80 g : c'est une valeur mortelle. Car la tolérance du thorax (valeur significative en accidentologie) est limitée à 60 g pendant un temps très court, de l'ordre de 3/1 000 seconde.

Chocs frontaux : les plus meurtriers. Les statistiques établissent que 63 % des tués ou blessés graves à l'avant des voitures le sont à l'occasion de chocs frontaux, dont 95 % se produisent à une vitesse inférieure à 50 km/h. On raisonne, là, en différence de vitesse : celle de la fin du choc soustraite de celle au début du choc. Ces 50 km/h de différence équivalent donc à la percussion d'un mur infiniment rigide à 50 km/h, à la collision de face de deux voitures roulant chacune à la vitesse de 50 km/h (chacune, prise isolément, subit les même effets que si elle avait frappé un mur rigide, les déformations des deux sont identiques), ou à la collision à 100 km/h contre l'arrière d'une voiture déformable à l'arrêt.

La grande majorité des constructeurs, Peugeot et Renault notamment, érigent donc en priorité la protection contre ce type de choc. Les plus réalistes ont normalisé une procédure d'essai à 57 km/h contre un mur non pas orthogonal mais incliné de 30°, représentatif d'une collision entre deux voitures s'abordant de face, cherchant jusqu'au dernier moment à s'éviter et se heurtant donc sur une moitié seulement de leur largeur chacune. Par la déformation des structures et par l'efficacité des moyens de retenue, l'organisme des occupants est soumis à une décélération de 30 g avec un maximum après 100 millisecondes, donc parfaitement tolérable. C'est dire qu'on peut avoir la vie sauve à l'intérieur d'une voiture tombant du 4e étage d'un immeuble, d'une hauteur de 12,5 m... 5 % des accidents



1. Structure rigide, pas de ceinture : le moindre choc est meurtrier.



2. Passager ceinturé : la décélération est encore trop violente.



3. Avant déformable : l'énergie du choc est en grande partie absorbée.



La protection frontale idéale. Toute la structure avant s'est déformée, absorbant l'énergie du choc : l'habitacle demeure intact, et un sac gonflable s'est déployé en une fraction de seconde, en complément de la ceinture.

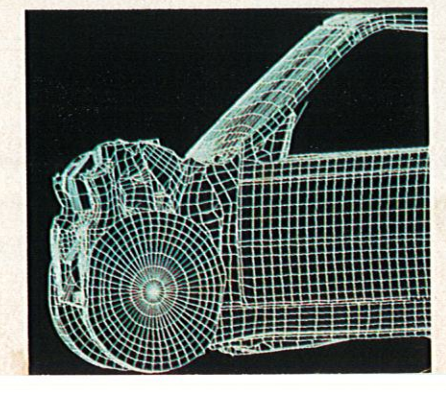
qui se produisent au-delà de 50 km/h ne sont pas pris en compte car ils sont au-delà des limites physiologiques d'une part et, d'autre part, les voitures seraient impossibles à fabriquer : pour dissiper de manière acceptable pour l'organisme l'énergie d'un choc contre un mur à 100 km/h, il faudrait un avant déformable de 2,6 m de long !

La programmation des déformations de structures se fait aujourd'hui par le calcul : 10 heures d'utilisation d'un très gros ordinateur Cray pour une structure complète. Cela permet d'évaluer au plus vite et au moindre coût l'influence d'une épaisseur de tôle, d'un renfort, d'une substitution de matériau composite à l'acier, etc. Mais le résultat est ensuite bien sûr vérifié par l'expérience, ne serait-ce que pour prendre en compte le rôle des organes mécaniques sous capot sur la raideur de l'ensemble concret (moteur, transmission, boîte de vitesses, filtres, éléments divers, etc.).

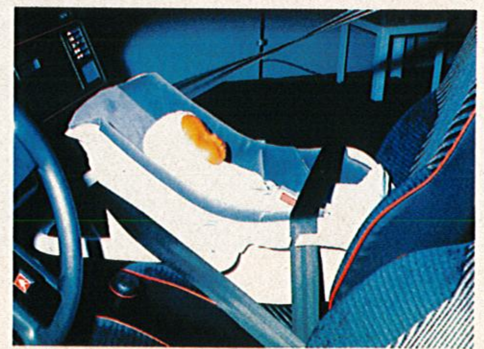
La ceinture pré-tendue. Encore faut-il que les ceintures jouent pleinement leur rôle : le brin ventral bloque les parties extérieures des os du bassin, les crêtes iliaques, qui supportent jusqu'à 3 tonnes d'effort sans dégât. C'est dire que si le bassin glisse endessous, il y a un grave risque de lésion à l'intérieur de l'abdomen. Les points d'ancrage doivent donc être positionnés en fonction de la morphologie de l'occupant (le mieux est de les placer sur le siège lui-même) ; la fermeté des coussins doit être judicieusement étudiée et les ceintures doivent être correctement tendues. Les risques de blessure à la tête sont notamment accrus avec des jeux de 5 à 15 cm dus à des vêtements trop épais ou à des accessoires "détendeurs" du type pince à linge ! Au contraire, il faudra en arriver aux dispositifs "prétenseurs", comme ceux dont sont dotées les Mercedes, où un système pyrotechnique actionne l'enrouleur sous l'effet d'un détecteur de choc.

Le coussin gonflable amortisseur de choc. Les moyens de retenue et de protection peuvent aussi utilement être complétés par l'*air bag*, ce coussin gonflable replié dans le moyeu du volant ou face au passager qui se déploie en cas de choc. Mais, contrairement aux normes américaines, qui considèrent l'*air bag* comme une alternative à une ceinture non bouclée, l'Europe ne veut y voir, à juste titre, qu'un complément pour éviter les lésions résiduelles contre lesquelles ladite ceinture ne pourrait prémunir.

L'ordinateur (par le biais de la CAO) permet aujourd'hui de trouver par le calcul la structure idéale en cas de choc, sans avoir à construire et détruire pour cela de nombreux prototypes.



Il va de soi que la règle vaut aussi pour les passagers arrière, auxquels le port obligatoire de la ceinture sera étendu dès 1992. A l'origine, le laboratoire d'accidentologie et de biomécanique Peugeot-Renault, se fondant sur les études faites avec des mannequins, tendait à préconiser seulement des ceintures ventrales. La contre-expérience, effectuée avec des substituts, cadavres de personnes décédées ayant fait don de leur corps à la science, a prouvé que ç'aurait été une solution catastrophique ; que, là encore, la ceinture à trois points était la plus indiquée, avec une attention particulière à porter au coussin de banquette arrière pour éviter le sous-marinage (glissement des crêtes iliaques sous la sangle ventrale). Cette constatation pose un problème pour le passager éventuellement installé au milieu, qui ne disposera que de cette seule attache.



1. Nourrissons : un siège-berceau dos à la route.



2. Petits enfants : un siège-coquille bien sanglé.



3. Juniors : un siège-coussin et la ceinture.

En France, ce sont 2 800 tués et 17 300 blessés graves qui sont concernés par ces accidents en choc frontal. Un port de ceinture observé à 100 % ramènerait ces chiffres à 1 400 tués et 10 800 blessés graves. Des ceintures et des ancrages plus efficaces épargneraient 700 vies et 9 200 blessures graves supplémentaires selon les chercheurs de l'association Peugeot-Renault.

Les enfants : 1 sur 3 sauvé par des attaches sur mesure. Autre situation préoccupante : celle des enfants passagers. Leur population est plus dispersée (leurs caractéristiques physiques sont moins homogènes) que celle des adultes : jusqu'à 14 ans, les statures sont dans le rapport de 1 à 3, les poids dans le rapport de 1 à 18 ; les proportions des segments corporels évoluent avec la croissance : la tête représente le quart du total pour le bébé, le huitième pour l'adulte, les jambes représentent 3/8 pour le bébé, la moitié pour l'adulte. Compte tenu de l'évolution de la morphologie, à chaque âge correspond une posture idéale.

- Pour le nourrisson (jusqu'à 6-9 mois), la législation française ne reconnaît que les nacelles accrochées aux ceintures de sécurité, où l'enfant est couché et protégé par un harnais ou un filet anti-éjection. Elle interdit, hélas, les sièges-coquille où il peut être installé dos à la route, à l'arrière ou même à l'avant, sous la surveillance directe du conducteur. Cette solution est pourtant très utilisée en Suède.
- Jusqu'à 3-4 ans, l'enfant doit être installé dans un siège-coquille correctement arrimé et sanglé par un harnais. Il a encore besoin d'un solide maintien latéral.
- De 3-4 ans (taille de 1 m) jusqu'à une dizaine d'années, il peut utiliser la ceinture à condition d'être rehaussé sur la banquette par un siège-coussin lui-même retenu par le brin ventral de la ceinture arrière. L'ensemble doit éviter le sous-marinage. Dès 1992, et c'est heureux, la loi imposera les dispositifs de retenue pour les enfants. Cette mesure doit s'accompagner impérativement d'une révision des systèmes homologués pour en autoriser certains, en bannir d'autres (mal conçus tout en répondant aux strictes normes actuelles) et faciliter l'utilisation de ceux qui sont acceptables mais qui deviennent inefficaces, voire dangereux, quand ils sont mal montés. Le laboratoire d'accidentologie et de biomécanique estime qu'une protection convenable des enfants permettrait d'épargner chaque année 80 tués sur 200 et 500 blessés sur 1 100 !

Attention, piétons ! Un pare-choc bouclier en matériaux composites, un capot de forme douce, un pare-brise incliné, des essuie-glaces masqués et une arête de pavillon arrondie, toutes solutions destinées à minimiser le plus possible les conséquences d'un choc avec des piétons.

Peu de défense contre les chocs latéraux. Les possibilités de protection, en effet, sont malheureusement plus restreintes pour ce type de chocs (qui représentent 22 % des tués ou blessés graves parmi les passagers, le tiers des victimes du choc frontal mais un chiffre conséquent tout de même). Dans ce cas, c'est la paroi déformée qui vient heurter le passager. On ne peut envisager des caissons latéraux déformables de 80 cm d'épaisseur : une voiture de 4 places normales mesurerait 3 mètres de large ! Les efforts tendent donc vers le renforcement des structures, pour limiter l'intrusion, et la dissipation d'énergie. Ils consistent aussi à prévoir des capitonnages amortisseurs répartissant les contraintes sur la plus grande surface possible, sans toutefois trop empiéter sur l'habitabilité et le confort. Peugeot étudie un *air bag* replié dans la portière mais son déploiement doit être quasi-instantané : il doit se faire en 15 millisecondes contre 50 millisecondes pour l'*air bag* frontal mentionné plus haut, ce qui pose un problème d'emplacement et de sensibilité du capteur de choc appelé à en commander le déclenchement.

Piétons et cyclistes moins menacés. Moins agressives pour leurs occupants, les voitures modernes le sont aussi devenues vis à vis des piétons ou usagers de deux roues, du moins tant que les chocs se produisent à basse vitesse (moins de 30 km/h). Les pare-chocs en matériau synthétique sont plus bas, plus

15 millisecondes. Pour amortir efficacement un choc latéral, un coussin gonflable monté dans la portière ne doit pas mettre plus longtemps à se déployer. On n'est pas encore arrivé à des temps de réaction aussi courts.



ronds et plus enveloppants : la zone de choc se situe au niveau du tibia et non plus du genou. Les formes des capots sont plus douces et plus fluides, les axes de balais d'essuie-glaces, redoutables, sont masqués, les pare-brise sont plus inclinés et leur arête supérieure reculée, les gouttières de toit ont disparu.

L'accident évité.

Diminuer les conséquences de l'accident, c'est bien. L'éviter, c'est mieux. On passe là du domaine de la sécurité passive à celui de la sécurité active, celle qui privilégie la facilité de contrôle que le conducteur peut exercer sur son véhicule sans avoir pour autant le talent d'un champion.

Ce contrôle passe par la meilleure exploitation possible de l'adhérence disponible pour pouvoir freiner, accélérer, diriger. Or, une roue qui se bloque au freinage, qui patine à l'accélération ou qui décolle du sol perd toute fonction de décélération, de propulsion ou de direction.

Les freins anti-blocants se généralisent. Jusqu'à récemment réservés aux hauts de gamme, les dispositifs anti-bloqueurs de freins gagnent les catégories de voitures plus économiques. Renault le propose désormais en option dès la Clio, Peugeot et Citroën feront de même dans un an dès certaines versions d'AX ou de 205. En cas de freinage d'urgence, l'anti-bloqueur de freins permet de concilier décélération optimale et contrôle de la direction pour éviter un obstacle.

Une fois que les roues sont équipées des capteurs nécessaires à l'anti-blocage, il est aisé d'y recourir pour doter la voiture d'un système anti-patinage : la roue qui tendrait à s'emballer est freinée et la force motrice est transférée sur la roue exposée à la meilleure adhérence.

La meilleure adhérence du 4/4... La traction intégrale est en effet un autre élément déterminant pour la sécurité : pour une adhérence donnée, l'effort est réparti sur quatre roues au lieu de deux et la sollicitation épargnée à chacune profite à l'adhérence transversale et donc au pouvoir de guidage.

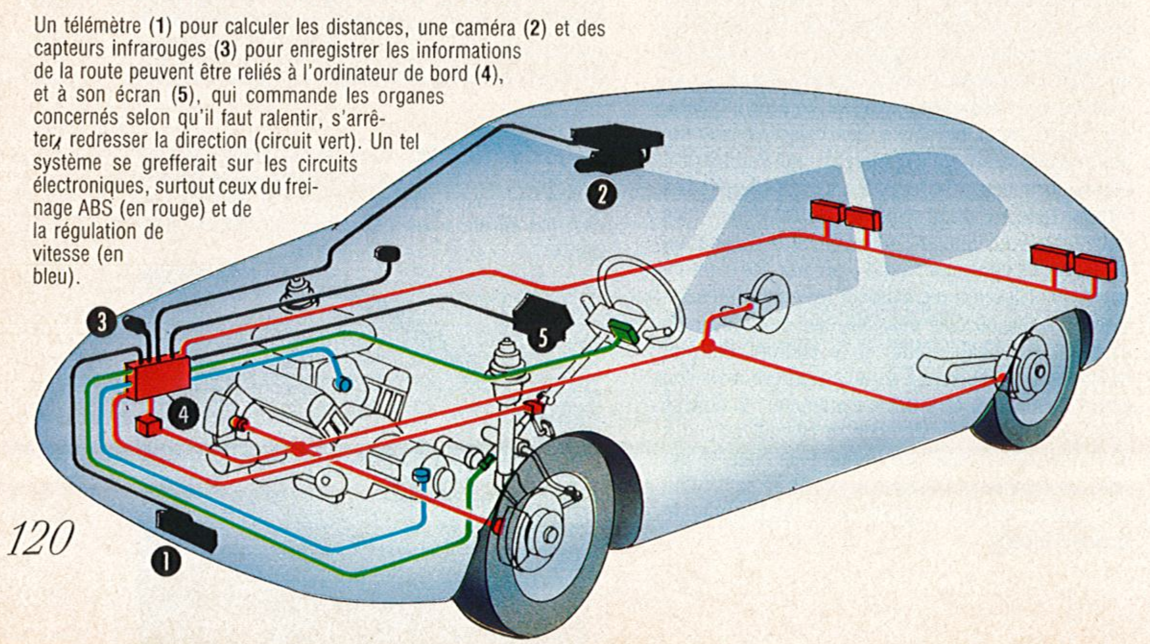
... et le meilleur guidage. Quatre roues directrices permettraient un meilleur guidage, en augmentant la précision lors des manœuvres de déboîtement ou d'évitement.

Autant de solutions déjà évoquées ici (voir *Science & Vie* n° 840 : "Les roues qui pensent"), aujourd'hui commercialisées ou appelées à l'être à brève échéance.

Une suspension "intelligente" existe désormais, qui s'adapte à la vitesse, à la nature du revêtement (lisse ou bosselé), au profil de la route (virage en épingle ou grande courbe d'autoroute). Les versions les plus raffinées de la Peugeot 605 et de la Citroën XM sont déjà équipées d'une suspension "pilotée" par l'électronique, souple quand le confort peut être privilégié, ferme quand le besoin de tenue de route doit prévaloir. Le groupe travaille maintenant sur un "anti-roulis actif" destiné à empêcher la caisse de trop s'incliner en virage sous l'effet de la force centrifuge, quand la sécurité l'exige. L'exploration et les réglages de ces solutions s'en remettent désormais au calcul et à la modélisation mathématique avant les essais sur prototypes, mais elles seraient vaines si le conducteur ne pouvait s'y adapter naturellement, s'il devait en passer par un apprentissage et une formation spécifiques. C'est la raison pour laquelle elles sont confrontées au simulateur de conduite, avec recours aux images de synthèse.

Grâce aux dispositifs d'aide à la conduite ...

Un télémètre (**1**) pour calculer les distances, une caméra (**2**) et des capteurs infrarouges (**3**) pour enregistrer les informations de la route peuvent être reliés à l'ordinateur de bord (**4**), et à son écran (**5**), qui commande les organes concernés selon qu'il faut ralentir, s'arrêter, redresser la direction (circuit vert). Un tel système se grefferait sur les circuits électroniques, surtout ceux du freinage ABS (en rouge) et de la régulation de vitesse (en bleu).



Le simulateur le plus perfectionné est la propriété de Mercedes Benz, à Berlin (voir *Science & Vie* n° 856 : "La suspension automatique"), mais les Français vont bientôt se doter d'un outil de ce type encore plus moderne en région parisienne.

Au-delà des solutions techniques concernant la voiture directement, il est possible de mieux prévenir et assister encore le conducteur, en puisant dans les ressources des technologies nouvelles. La démarche part d'un constat éloquent : 90 % des accidents qui surviennent en intersection ou en collision frontale pourraient être évités si le conducteur était prévenu seulement une seconde plus tôt de la situation à laquelle il va être exposé !

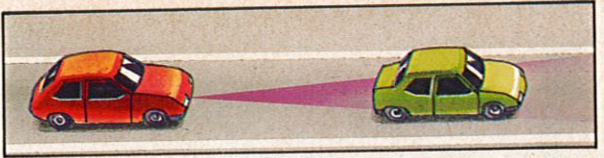
Il faut donc l'informer ou pallier son manque éventuel de vigilance par des dispositifs autonomes, propres au véhicule, ou par des dispositifs combinés véhicule-signalisation routière active. Parmi les premiers, on compte essentiellement le maintien de la distance de sécurité dans le trafic, l'arrêt devant un obstacle fixe et le suivi de la ligne blanche.

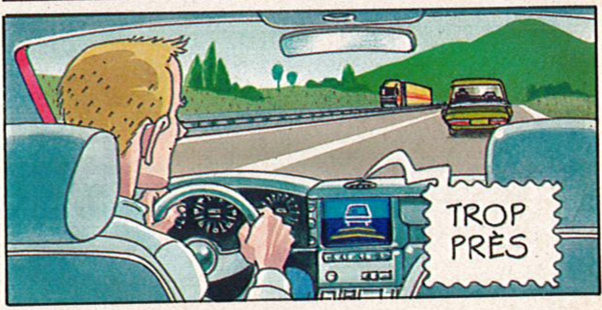
Vos distances gardées automatiquement. La voiture est dotée d'un télémètre (laser ou radar) placé à l'avant, qui évalue la distance avec celle qui la précède. Un calculateur, informé par des capteurs, détermine la distance de sécurité en fonction de la vitesse de la file de voitures et de l'humidité éventuelle de la chaussée (il y a un capteur d'humidité). Si le conducteur n'observe pas cette distance de sécurité, le calculateur met en scène des actuateurs qui agissent de manière autonome sur les freins et la commande d'accélérateur pour rétablir cette distance. Le conducteur est informé de cette "prise en charge".

Il peut s'en affranchir soit en freinant plus fort, soit en accélérant, soit en actionnant son clignotant pour signifier qu'il change de file.

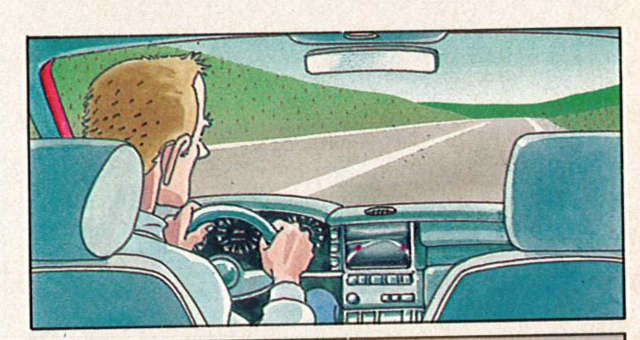
Avant l'obstacle, la voiture s'arrête d'elle-même. La procédure est la même, mais dans ce cas le télémètre compare la vitesse de la voiture à la vitesse de rapprochement de l'obstacle, jugeant ainsi qu'il est fixe. Là encore, le conducteur peut "reprendre la main" à sa guise en agissant soit sur l'accélérateur, soit sur le frein, soit sur la commande de clignotants.

Une caméra pour rester dans sa file. Elle transmet l'image de la route à l'ordinateur de bord ; le traitement rapide de l'image (25 par seconde) permet de positionner la voiture par rapport aux lignes marquées au sol, et un système électronique agit par électrovannes sur la direction (assistée) pour rétablir la trajectoire si la ligne continue est franchie par manque de vigilance. Si le conducteur décide un franchissement, il met son clignotant et le dispositif est neutralisé, tout comme il se déconnecte également lorsqu'on reprend fermement la direction en mains.



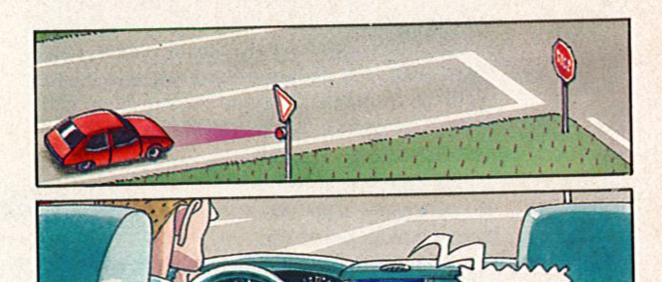


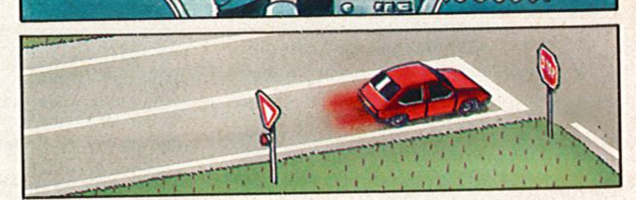
... plus de télescopage si vous n'avez pas vu freiner le véhicule qui vous précède ; ...





... plus de sortie de route : votre voiture est ramenée dans l'axe dès qu'elle s'approche trop des bandes latérales ; ...



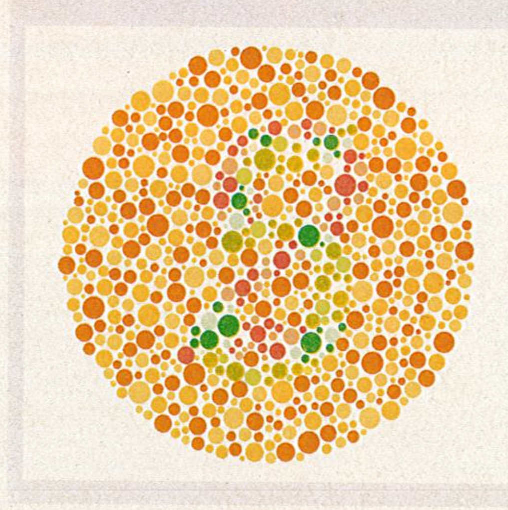


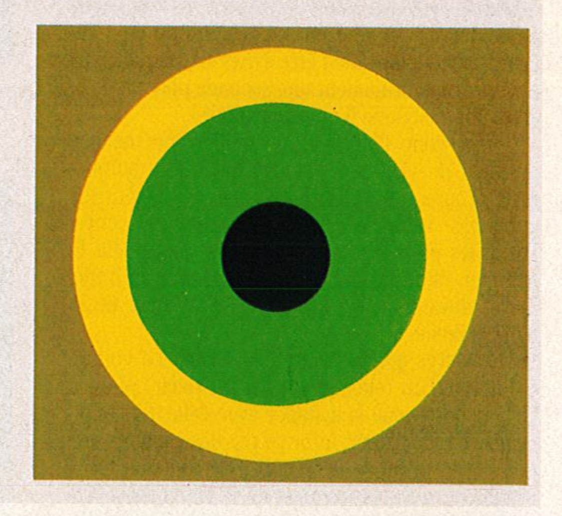
... plus de stop grillé : si le panneau précurseur ne vous fait pas réagir, votre voiture s'arrêtera d'elle-même.

AU VOLANT, LA VUE...

Si vous ne voyez pas le chiffre 5 dans le cercle de gauche, vous êtes daltonien, vos yeux font mal la différence entre le rouge et le vert, et vous risquez de ne pas pouvoir décider de la couleur des feux de signalisation, surtout de nuit et à distance.

Faites aussi le test de droite : concentrez votre regard sur le centre noir pendant 30 s ; puis, cachez le motif et fixez une page blanche. Si vous ne voyez pas une roue rose avec un pneu bleu, votre daltonisme se confirme. Une telle baisse de sensibilité s'étend souvent à l'appréciation de l'intensité lumineuse : vous risquez de ne pas voir s'allumer les "stops" du véhicule qui vous précède, et vous apercevoir trop tard qu'il fallait freiner. Cela est plus vrai de nuit, où les distances sont plus difficiles à évaluer.





Dialogue électronique entre la voiture et la route. Quant aux dispositifs interactifs liés à l'environnement, ils peuvent être mis en œuvre par des aménagements simples.

Avant un virage dangereux : le panneau routier qui l'annonce est doté d'une balise qui émet un signal infrarouge au passage de la voiture, lequel signal peut être traduit, à bord, par une voix de synthèse recommandant une vitesse de sécurité. Cette recommandation peut être adaptée aux conditions météo si la balise est complétée d'un capteur d'humidité ou de verglas, par exemple. Si le conducteur ne réagit pas le dispositif actionne les freins et coupe l'accélérateur jusqu'à la vitesse recommandée. Si l'automobiliste veut passer outre, parce qu'il juge la situation autrement, il garde la maîtrise des commandes.

A l'approche d'un stop : le calculateur peut, là aussi, suppléer à l'oubli du conducteur, mais il va de soi que si une file de voitures est déjà arrêtée, ce dernier a tout loisir de freiner plus fort ou de déboîter pour éviter la collision, le système se mettant de lui-même hors service.

Des balises d'intersection. Enfin, on peut aménager des intersections sans recourir aux feux tricolores, onéreux et insuffisamment souples quand la circulation n'est pas dense. Une balise est installée au centre du carrefour : quand elle détecte l'approche d'une voiture, elle allume un feu vert dans sa direc-

L'INSÉCURITÉ ROUTIÈRE EN CHIFFRES

Lors du lancement de la dernière campagne "Faisons la route ensemble", le Premier ministre lui-même a souligné l'aggravation de l'insécurité routière en France. Pour 100 accidents, il y avait 5,5 tués en 1986, 5,6 en 1987, 5,8 en 1988 et 1989 et 6,2 pour les quatre premiers mois de 1990. Pour 100 accidents sur autoroute, on dénombre 10 morts, contre 9,9 sur les routes nationales, 9,3 sur les départementales et 2,3 sur les voies communales et autres. Bilan recensé au terme des 4 premiers mois de 1990. Mais l'autoroute est tout de même infiniment plus sûre, car sur un total de 51 362 accidents corporels toutes voies de circulation confondues, on n'y en a recensé que 1 914, contre 9 892 sur les nationales, 15 802 sur les départementales et 23 754 sur les communales et autres. Parmi les 3 177 tués sur cette période (+4,3 % par rapport aux quatre premiers mois de 1989), 474 étaient des piétons, 86 des cyclistes, 187 des cyclomotoristes, 213 des motocyclistes, 2 047 des usagers de voitures et 170 des occupants de poids lourds ou utilitaires.

En "année mobile", enfin (août 89 à juillet 90 comparé à août 88-juillet 89), le nombre d'accidents (167 190) était en régression de 1,8 %, tout comme celui des blessés (231 438), mais le nombre de tués (10 641) était en hausse de 4,2 %.

tion si la voie est libre ou déclenche un gyrophare jaune si une autre voiture, même hors de vue de la première, se présente sur la voie transversale.

Ces voies d'investigation, proposées par PSA, ont le mérite de la souplesse et de la simplicité avec des possibilités d'aménagements locaux, progressifs, peu onéreux. La communication par infrarouges est bien adaptée par sa courte portée (0 à 120 mètres), sa bonne directivité, l'impossibilité de brouillage, la maîtrise de sa fabrication en grande série et son prix intéressant. Le groupe privé avance les chiffres suivants : 1 500 à 2 000 F pour l'aménagement d'un site (pas plus cher que l'implantation de classiques panneaux "stop" à un carrefour) et 6 000 F pour l'équipement d'une voiture. Bien sûr, si cette dernière est déjà équipée de capteurs et de calculateurs nécessaires à d'autres fonctions (ABS, antipatinage, régulateur de vitesse, etc...).

C'est une contribution supplémentaire au programme collectif Prometheus (ou Program for a European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety, en français Programme pour un trafic européen de meilleure efficacité et d'une sécurité sans précédent), dans le cadre d'Eurêka, qui défriche par ailleurs d'autres aspects de la gestion du trafic par une communication voiture-voiture et voiture-environnement en temps réel.

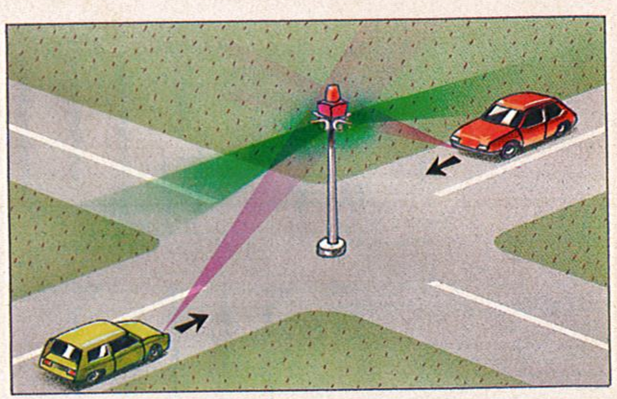
Idées et solutions foisonnent depuis trois ans : l'inventaire que l'on peut faire aujourd'hui du possible appelle à la définition urgente de normes communes à l'échelle européenne pour tirer le meilleur parti des moyens technologiques.

Utopie ? Ou seulement coup médiatique de PSA ? Si tous les constructeurs, à des degrés divers, misent beaucoup sur la sécurité — il y va de leur image et donc de leur survie — PSA, qui mobilise 600 personnes sur le sujet (avec ses partenaires industriels et universitaires) et y consacre 750 millions de F par an, est le premier, en tout cas, à appeler à la mobilisation générale en mettant, au passage, les pouvoirs publics devant leurs responsabilités. A côté des solutions qu'il propose, le constructeur engage les pouvoirs publics, entre autres :

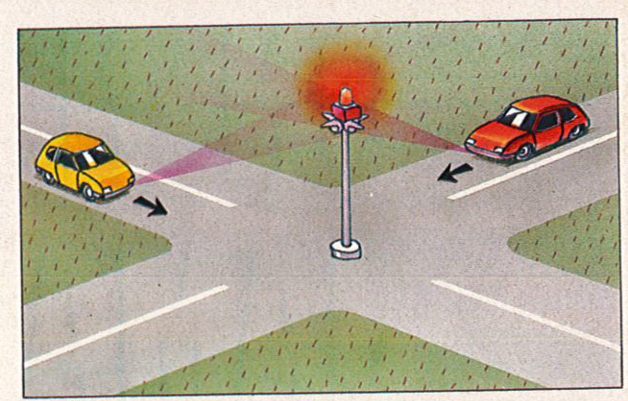
- A construire plus d'autoroutes, quatre fois moins meurtrières que la route : 100 km d'autoroutes de plus par an en France, c'est 100 victimes de moins.
- A séparer la circulation des voitures particulières de celle des poids lourds (trois fois plus impliqués dans les accidents graves), du moins sur les tronçons les plus chargés. Le futur tunnel trans-Manche en est un exemple extrême.
- A aménager les "points noirs" de la circulation, par exemple les obstacles fixes tels que les arbres qui bordent les routes, particulièrement meutriers en cas de choc latéral : s'ils étaient protégés de glissières, on pourrait épargner 1 000 vies humaines et 4 000 blessés graves par an.

En cumul, affirme le groupe privé, on peut réduire de moitié le bilan actuel de l'insécurité routière en France d'ici à 5 ans : un tiers de ce gain par l'amélioration des infrastructures, un tiers par le comportement des conducteurs, un tiers par la mise en service de dispositifs d'aide et d'assistance à la conduite. Leur mise au point, l'appréciation de leur acceptabilité et l'optimisation de leur fiabilité devraient prendre encore de trois à cinq ans et ils pourraient être opérationnels en 1995. En veillant, toutefois, à ce que ces mesures n'aboutissent pas à l'inverse du but recherché, en prenant trop l'automobiliste en charge au point d'encourager son manque d'initiative et de vigilance. A cet égard, comme pour l'ABS, il faut que la mise en œuvre des procédures d'urgence et de sauvegarde, dans leur manifestation, soit ressentie comme un rappel à l'ordre plutôt désagréable et éventuellement vexatoire.

Il reste à insister sur le fait que les ressources techniques seront vaines sans un minimum de bon sens et sans une volonté collective d'aboutir. Au-delà, restera l'ingérable : la bêtise, l'égoïsme, l'irresponsabilité ; et l'imprévisible : la fatalité. **Luc Augier**



La balise de carrefour est au vert lorsqu'elle capte deux voitures se croisant de face ...

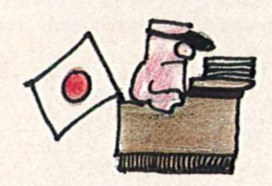


... elle passe au rouge lorsque les deux véhicules sont sur des routes qui se coupent.

ECHOS DE L'INDUSTRIE

INVENTION

Prenez un ticket d'attente, on vous appellera...





Ainsi peut-on résumer la situation actuelle des déposants de brevets japonais. Le pays a des inventions à revendre, si l'on peut dire. Son Bureau des brevets reçoit 350 000 demandes par an, deux fois plus qu'il y a dix ans.

A titre de comparaison, en 1989, il ne s'est déposé aux Etats-Unis que 108 000 brevets. Et 47 % des demandes provenaient de l'étranger. Tout spécialement du Japon. Au point que les quatre entreprises qui, l'an dernier, ont déposé le plus de brevets aux Etats-Unis sont japonaises : Hitachi, 1 053 demandes ; Toshiba, 961 ; Canon, 949 ; Fuji Photo, 884. La première société américaine, General Electric, n'arrive ainsi qu'en cinquième place (818 brevets) devant... à nouveau une firme japonaise, Mitsubishi Denki (767 brevets).

L'afflux des dépôts d'inventions au Japon est tel — on a du mal à le croire — que le Bureau des brevets incite les entreprises à restreindre leurs demandes... en attendant du moins qu'un système informatisé d'enregistrement soit mis en place, en 1993.

Explication : la recherche et le développement japonais sont essentiellement financés par le secteur privé qui, bien évidemment, s'intéresse aux applications, à ce qui peut être rentable à court terme. « Les entreprises, dit le Bureau des brevets, déposent systématiquement toutes les améliorations, toutes les modifications mineures, toutes les manières de fabriquer autrement les mêmes produits. » Un récent *Livre blanc* publié par le MITI, le ministère de l'Industrie et de la Technologie, s'inquiète de cette prépondérance de la recherche appliquée au détriment de la science fondamentale.

Voilà de quoi remonter le moral des industriels occidentaux : il n'y a pas, loin de là, d'irrémédiable avance japonaise ; le "défi" peut être relevé sans crainte ni complexe. Pour peu, du moins, que nos scientifiques et industriels apprennent à être plus pragmatiques, à aller plus vite dans le développement des applications de leur science et qu'ils se défassent de leur défiance envers tout ce qui est invention et innovation, un domaine où ils attendent "pour voir", alors qu'il est impératif d'aller rapidement.

Pour peu, aussi, qu'ils fassent attention à protéger leurs recherches — comme les y incite par différentes actions l'Institut national de la propriété industrielle — avant de transformer les trouvailles de laboratoires en un seul produit nouveau, là où elles sont susceptibles de se décliner en de bien d'autres développements. Si ces brevets de complément ne sont pas pris à temps, d'autres sauront s'emparer des idées. Les cabinets de renseignements nippons sont là, dans toutes les foires, dans tous les salons et ils savent, eux, éplucher les bulletins officiels qui décrivent tous les brevets déposés, pays par pays. Brevets qui sont la source de nombre de ces applications qui engorgent le Bureau japonais des brevets...

Boom des PC à usage domestique attendu dès cette année, aux Etats-Unis. Les ventes totales ne devraient augmenter que de 7 %. Mais elles progresseraient de 16 % auprès des PME-PMI et bondiraient de 23 % auprès de la clientèle domestique.

L'emballage fait vendre, on le sait, mais en s'adressant à nos cinq sens, les industriels l'ignorent trop souvent. Sans doute la vue reste-t-elle l'élément essentiel de la décision. Mais que ce soit au moment de l'achat d'un produit, comme lors de sa consommation, le toucher, l'odorat, le goût et même l'ouïe sont "excités" par l'emballage et exercent une influence notable. On sait désormais la mesurer et la quantifier grâce à l'analyse sensorielle. L'emballage de demain sera ainsi beau, goûteux, odorant, suggestif au toucher et peut-être même parlera-t-il ! L'IFEC (Institut français d'emballage et de conditionnement) fait le point au cours d'un forum le 9 octobre. Information : Marianne Jacquet (1) 43 80 92 77.

MINITEL

Tiens, voilà encore une petite souris

Ce substitut au clavier qu'est la souris fut inventé aux Etats-Unis en 1964, dans les laboratoires de l'institut de recherche de Stanford. Mais sa première utilisation commerciale ne date que de 1983, avec l'apparition du microordinateur Lisa de Apple. Le succès grand public fut immédiat et impressionnant. Qui, aujourd'hui, seulement sept ans plus tard, accepterait de se passer de souris ?

Qu'a-t-elle de si attirant ? Les Américains disent qu'elle crée un environnement *user friendly*, amical pour l'utilisateur. D'abord, elle délivre du clavier pour soumettre la machine à des ordres donnés le plus simplement du monde par ce geste qui consiste à "montrer du doigt". Le regard, l'attention peuvent rester fixés sur l'écran.

Ensuite, elle permet l'emploi d'"objets" matérialisés sur l'écran, les "icones", qu'il suffit de montrer pour en décider la copie, la suppression, le rangement, toutes opérations qui demandaient autrefois de longues suites d'ordres tapés au clavier.

Enfin, grâce à la souris, il devient possible d'utiliser des "fenêtres", c'est-à-dire de diviser l'écran en plusieurs écrans et, par là, de conserver sous les yeux le contenu des écrans précédents.

Ces trois innovations qui rendent l'informatique plus aisée, plus confortable et plus rapide, la toute jeune société Opsion les apporte au Minitel. Avec sa souris spécialement adaptée "MiniPlus", qui présente cet avantage supplémentaire que, réduisant le temps de connexion, elle réduit aussi singulièrement les coûts, puisque, ici, chaque minute coûte.

MiniPlus se raccorde au Minitel simplement, sur sa prise DIN et via un boîtier de faible encombrement. Une deuxième prise DIN située sur le boîtier permet la connexion de toute imprimante. Bien sûr, il faut adapter les programmes à la souris, mais il suffit pour cela d'y ajouter quelques codes.

Bien sûr aussi, les promoteurs d'Opsion ne pensent pas convaincre ceux qui ne visent qu'à vendre du temps de connexion. Mais ils estiment que MiniPlus ouvre la voie à une nouvelle génération de services. Dans l'immédiat, la clientèle qu'ils visent est celle qui vit sur un groupe, un "parc" fermé d'abonnés — utilisateurs professionnels. Là "offreurs" et demandeurs de services télématiques ont tout intérêt à gagner du temps. Les premiers à bénéficier de la souris MiniPlus devraient ainsi être les banques, les compagnies d'assurances, les laboratoires pharmaceutiques, les sociétés de vente par correspondance, les organismes de crédit, etc. Et les firmes souhaitant offrir un service télématique haut de gamme. Tout cela représente un marché de quelque 13 000 entreprises et d'environ 1,5 million de Minitel (coût d'une souris MiniPlus : 1 190 F HT ; commercialisation : Opsion Innovation, 17 rue de Seine, 92100 Boulogne, tél. (1) 47 61 17 61).



Microordinateurs haut de gamme d'occasion. Le premier point de vente vient de s'ouvrir à Paris. Il propose des : IBM, Compaq, Toshiba, Macintosh à ceux qui ne peuvent financièrement accéder aux micros de la dernière génération. Les stocks proviennent des entreprises qui remplacent leurs matériels, ou directement des constructeurs et de leurs distributeurs lorsqu'ils consacrent leur effort commercial à de nouveaux modèles. MPO, 72 rue Pouchet, 75017 Paris. Tél. (1) 42 63 72 72.

Franchir les péages sans mettre la main à la poche...



A la fin de l'année, les automobilistes empruntant l'autoroute Paris-Normandie risquent fort d'être surpris et même de ressentir une frustration certaine. Ne verront-ils pas, sous leur nez, quelques privilégiés franchir résolument les péages sans s'arrêter pour régler quelque dime que ce soit et ne freinant qu'à peine — ne ralentissant en fait que pour emprunter sans danger les étroits couloirs de circulation. Aucune barrière ne s'opposera à leur progression, aucune sirène vindicative ne donnera l'alarme ni ne hurlera au fraudeur.

Pendant ce temps, les automobilistes "normaux" devront, pour avoir l'honneur d'acquitter leur péage, s'arrêter, chercher leur monnaie, leur chéquier, leur carte bancaire, magnétique ou d'abonné et, comme c'est généralement le cas, faire la queue derrière d'autres automobilistes.

En fait, ces privilégiés — 10 000 personnes choisies parmi les abonnés — acquitteront eux aussi, comme chacun, le péage correspondant à leur parcours. Mais à réception de leur facture ! Car leur passage aura été détecté par une antenne (***en noir sur notre photo***) identifiant un badge, codé et strictement personnel, apposé sur le coin inférieur de leur pare-brise. Et les informations ainsi recueillies auront été envoyées au central informatique du poste de péage.

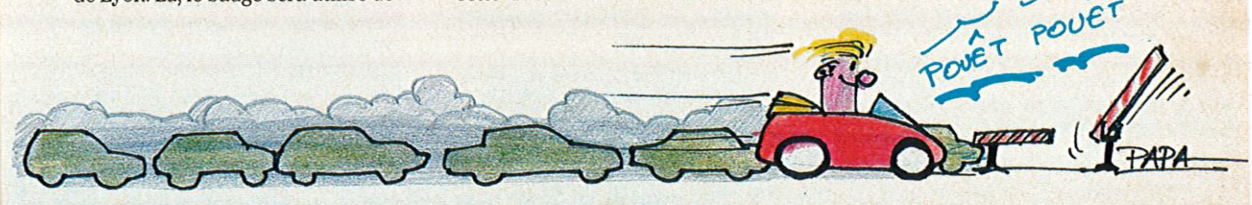


Cette expérience de télépéage, du péage électronique, menée par la Division systèmes et produits de péage de la firme CSEE, se doublera du test d'un autre système, près de Lyon. Là, le badge sera utilisé de manière similaire à une carte téléphonique. A chaque passage à un poste de péage, des unités seront décomptées. Lorsque ce badge sera épuisé, vidé de tout crédit, on pourra le faire recharger. Cette technique supprime l'identification de l'automobiliste à chaque passage, ce qui peut constituer une atteinte à sa vie privée.

Ces expériences constituent des premières en France. L'objectif des sociétés d'autoroutes est de supprimer ces obstacles à la fluidité de la circulation que constituent les péages. Un problème de plus en plus grave, car on n'avait pas prévu cette ruée des véhicules sur les autoroutes : deux fois plus de véhicules s'y engouffrent qu'il y a cinq ans et, chaque année, ils continuent à être de 5 à 10 % plus nombreux.

D'autres réalisations de même type sont déjà en place, ou à l'étude, dans d'autres pays. Ainsi, en Norvège, à Alesund, depuis deux ans et demi un système d'étiquettes électroniques, lues par une balise au sol, permet aux automobilistes d'emprunter sans s'arrêter le tunnel qui mène à l'aéroport. Aux Pays-Bas, le ministère des Transports envisage l'installation d'un système semblable, mais c'est pour lutter contre la pollution et désengorger le centre des villes en dissuadant les automobilistes d'y pénétrer : il s'agirait là d'instaurer des péages où il n'y en a actuellement pas et ce sans ralentir la circulation.

Autant de pays, autant de problèmes. Pour en faire la synthèse, définir un système polyvalent et aboutir, d'ici à 1992, à un prototype adapté aux besoins de l'ensemble de la communauté, la Commission européenne a lancé le projet "Pamela".



INNOVATION

Les trois règles d'or du management technologique

Depuis le début du siècle, les entreprises se sont trouvées confrontées à trois grands changements : l'organisation industrielle dans les années 1920, le marketing dans les années 1960, la technologie depuis les années 1980. Si les deux premiers ont bien été maîtrisés et incorporés dans la gestion courante des entreprises, ce n'est pas le cas, ou si peu et si mal, du dernier.

Les fluctuations de la technologie font que développer une entreprise est aujourd'hui devenu un défi permanent : il faut évoluer dans un environnement pour le moins "turbulent", où les innovations bouleversent en permanence les précaires équilibres acquis et exigent sans cesse de nouvelles compétences.

Pas question de naviguer à vue, ce serait sombrer à plus ou moins brève échéance. Il s'agit "simplement" d'apprendre à gérer les technologies. Car c'est possible, dit le CREDO, le Centre de recherche pour l'entreprise et le développement des organisations de l'ESC-Grenoble ([1]), qui précise les trois règles d'or que doivent respecter les entreprises pour réussir à intégrer harmonieusement le progrès technique dans leur organisation :

- être à l'affût des innovations internes, celles qui se développent chez elles souvent dans l'ignorance générale, et les protéger par brevets. Bien peu de firmes françaises le font, qui se croient, à tort, à l'abri de la concurrence grâce à leur know-how, et au secret jaloux qu'elles entretiennent autour de leurs créations.
- Ne pas hésiter à acquérir ou à céder une technologie et choisir le meilleur moment et le meilleur moyen pour le faire. On peut acheter un brevet, n'en prendre qu'une licence, passer un accord de partenariat, etc.
- Réfléchir à la façon d'intégrer une nouvelle technologie pour l'exploiter de la manière la plus profitable ; elle peut intéresser l'organisation de la production, mais aussi les méthodes de commercialisation.

Pour le CREDO, seul le respect de ces trois règles, veille/protection ; acquisition/cession ; appropriation/valorisation interne, peut permettre à l'entreprise de produire mieux et à moindre coût, pour vendre plus et acquérir de nouvelles parts de marché, donc de croître.

Facile à dire, difficile à réaliser. Pour préciser les choses, le CREDO organise à Grenoble, les 16 et 17 octobre, dans le cadre de TEC 90, le premier colloque "Management de la technologie : comment intégrer le progrès technique dans l'organisation des entreprises ?".

L'état de l'art de cette nouvelle branche du management y sera minutieusement présenté, avec à l'appui des exemples décortiqués de la façon la plus détaillée. Et le CREDO multipliera les échanges et les réflexions entre spécialistes internationaux, universitaires, chercheurs et responsables d'entreprises, afin de rendre plus "effervescente" la recherche appliquée dans ce domaine.

(1) L'ESC-Grenoble a été créé pour former des chefs d'entreprise sachant aussi maîtriser la gestion technologique. Depuis six ans, il développe pour cela une pédagogie spécifique.

Les forêts tropicales disparaissent encore plus vite que ce que les prévisions les plus alarmistes annonçaient, par extrapolation, dans les années 1980. La déforestation atteint de 160 000 à 200 000 kilomètres carrés d'arbres par an, soit 50 % de plus que ce que l'on pensait. Premier accusé : le Brésil, qui détruit à lui seul entre 4 et 8 millions d'hectares de forêts tropicales par an en Amazonie et un millier dans le reste du pays.

Lycée japonais près de Tours. La ville espère ainsi attirer des investisseurs nippons en offrant à leurs enfants, comme à de jeunes Français, une formation adéquate. Celle-ci sera organisée par l'université de Konan, près d'Osaka.

Inquiétante régression de la sécurité du travail. Selon les dernières statistiques disponibles, les décès à causes professionnelles s'élèvent à 1 112 (+ 10,76 % d'une année sur l'autre), les accidents avec arrêt de travail à 690 182 (+ 4,13 %), les accidents entraînant une incapacité permanente à 68 590 (+ 8,6 %). Cela justifie l'organisation de la première manifestation mondiale consacrée à la formation à la sécurité et à la prévention des accidents du travail en entreprise (Ficoppse, 15-18 janvier 1991, Palais des congrès de Strasbourg, renseignements : (1) 48 58 33 00).

L'universitaire et l'entrepreneur ne peuvent plus s'ignorer : de leur rapprochement dépend en grande partie le développement régional. Les quatre universités de Grenoble en constituent un bon exemple, qui accueilleront sur leur campus, les 15 et 16 octobre, une rencontre internationale pour tous ceux qui s'intéressent à la coopération du monde universitaire et de celui de l'économie. Afin que chacun — 95 communications sont programmées — enrichisse sa propre expérience de celle des autres ! Contact : Bernard Reverdy, tél. (16) 76 82 54 46.

Automatisation et robotisation des contrôles, thème du premier congrès sur les essais non destructifs qui se tiendra à Nice-Acropolis du 6 au 9 novembre. Il sera traité par 27 conférences plénières, 70 spécialisées et 7 ateliers de réflexion, et illustré par une exposition de matériels en fonctionnement présentés par plus de 80 firmes ou centres de recherches.

Vers des prothèses "intelligentes" ? Le laboratoire de mécanique de l'Institut japonais des techniques industrielles développe, pour remplacer les os humains, des matériaux dotés de la capacité de s'adapter aux mouvements du corps. Objectif : aboutir à des prothèses intelligentes.

Télécopieur à mémoire commercialisé au Japon par Sharp. Cette mémoire, d'une capacité de 26 pages format A4, peut être programmée pour une transmission systématique des télécopies vers un autre appareil.

ROBOTIQUE

Bavard comme un robot

Un robot comme ceux qu'imaginent les enfants, capable d'écouter, de comprendre, de répondre et d'exécuter les ordres qu'on lui donne même s'il s'agit de tâches difficiles et délicates, vient d'être construit aux Etats-Unis par trois chercheurs de la firme AT & T Bell Laboratories.

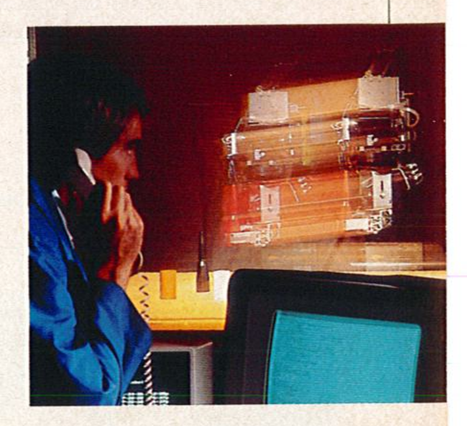
Sam, c'est son nom (pour *Speech-Activated Manipulator*), a un vocabulaire de 127 mots d'anglais courant, ce qui n'est pas aussi limité qu'on pourrait le penser : leurs multiples combinaisons permettent d'élaborer une quantité phénoménale de phrases grammaticalement correctes et qui ont un sens. Exactement 300 quintillions (1 quintillion = 10^{30})... Sam est en outre capable d'apprendre la signification de nouveaux mots tandis qu'il discute des difficultés de la tâche qu'on lui a assignée.

Pour effectuer les ordres qu'il reçoit, ce robot bavard et intelligent dispose d'un détecteur à ultrasons, de deux caméras et de préhenseurs dotés du sens du toucher. Il ne faut pas moins de 8 calculateurs pour alimenter son intelligence.

L'originalité de Sam consiste à intégrer en une seule machine ces facultés complémentaires que sont la vision, la compréhension, le toucher, l'intelligence et la parole.

Moyennant quoi, il peut recevoir des commandes par téléphone, utiliser ses capteurs pour rechercher et trouver un objet demandé et sommairement décrit par sa forme et sa couleur, s'en saisir et le placer sur une table sans heurter les autres objets en place (***photo***). Il peut aussi, si quelque chose ne va pas dans l'ordre qu'il a reçu, le signaler de sa voix synthétique et engager la conversation pour demander d'autres consignes, ou des consignes plus précises.

Tous les efforts des chercheurs ont porté sur la compréhension du langage naturel et sur la possibilité du dialogue, afin que la machine puisse agir avec la plus grande précision dans l'univers dans lequel



on lui demandera d'accomplir des tâches bien spécifiques, avec une délicatesse extrême. Car cet univers ne sera pas forcément visible à l'homme. Sam n'est en effet pas conçu pour devenir un auxiliaire ménager, un serviteur à tout faire, mais pour travailler dans des environnements stériles et/ou dangereux.

BIOTECHNOLOGIE

Au feu !

« Il faut se rendre à l'évidence, en matière de biotechnologies, l'Europe est indiscutablement à la traîne. » La déclaration, volontairement agressive pour susciter une réaction, émane du Pr Peter Doyle, l'un des dirigeants du géant britannique de la chimie ICI, mais aussi et surtout le président du groupe consultatif Biotechnologies, situé au sein du Conseil européen des fédérations de l'industrie chimique. Un groupe qui réunit des mastodontes comme Ferruzi, Hoechst, Monsanto Europe, Sandoz, Unilever et Rhône-Poulenc.

Qu'est-ce qui justifie une telle attitude alarmiste ? D'abord les Européens ne déposent plus actuellement que 19 % des brevets mondiaux liés aux biotechnologies, contre 41 % pour les Américains et 36 % pour les Japonais, leurs deux principaux rivaux. « Ce faible taux de dépôts de brevets reflète une faible activité de recherche et de développement et il compromet les investissements économiques et commerciaux à venir. »

Pis, selon une étude menée par le groupe, les investissements commerciaux effectués en 1989 dans le domaine des biotechnologies ont, dans une très large majorité, bénéficié aux Etats-Unis, même si une bonne part ont été financés par des capitaux européens. Ceux qui veulent se lancer dans les biotechnologies n'hésitent pas, il n'y a qu'un choix possible, celui des USA, où les entrepreneurs sont assurés de trouver le dynamisme à la fois technique et commercial nécessaire.

Une situation tout à fait désastreuse qui fait demander au groupe consultatif Biotechnologies une politique européenne coordonnée. « A mettre en place en urgence absolue, insiste le Pr Peter Doyle. Car nous ne pouvons plus attendre pour redresser la barre. Nous ne pouvons plus rester spectateurs de cette révolution. » Le marché mondial des produits issus des techniques biotechnologiques est aujourd'hui estimé à 5 milliards d'ECU — environ 35 milliards de FF. On pense qu'il atteindra au moins 16 fois plus en l'an 2000.

Sans compter que les biotechnologies interviendront également, à un titre ou à un autre, dans les secteurs clefs de l'économie européenne : pharmacie, chimie, alimentation, environnement. Ces marchés fournissent aujourd'hui 20 % des richesses produites par l'Europe, emploient 17 % de sa main-d'œuvre et représentent 30 % de ses exportations vers le reste du monde.

DES MARCHÉS À SAISIR

Les innovations et les techniques et procédés nouveaux présentés dans cette rubrique ne sont pas encore exploités sur le marché français. Il s'agit d'opportunités d'affaires, qui semblent "bonnes à saisir" pour les entreprises industrielles et commerciales françaises. Comme l'ensemble des articles de Science & Vie, *les informations que nous sélectionnons ici sont évidemment libres de toute publicité. Les sociétés intéressées sont priées d'écrire à "Des marchés à saisir" c/o* Science & Vie, *5 rue de la Baume, 75008 Paris, qui transmettra aux firmes, organismes ou inventeurs concernés. Aucun appel téléphonique ne pourra être pris en considération.*

VOTRE TÉLÉVISEUR DÉBITE DES FADAISES ? LANCEZ-LUI UNE BRIQUE À LA TÊTE !



Quoi ?

Vous êtes là, assis devant votre téléviseur, en principe pour votre plaisir et votre détente, après une journée particulièrement harassante et stressante. Et puis voilà qu'apparaît en gros plan un homme politique que vous ne supportez vraiment pas. Vous "zappez" et votre film policier, après avoir été coupé à un moment crucial par d'irritantes publicités, s'enlise et tourne à la guimauve. Vous "zappez" encore, et l'équipe de football dont vous êtes l'ardent supporter rate une évidente opportunité de marquer un but imparable. Là, trop c'est trop, vous bouillez de rage, vous êtes frustré, agacé, irrité, surexcité, hors de vous. Aucun doute, votre tension est montée de plusieurs points.

Désormais, un seul geste vous permet de retrouver votre sérénité et le contrôle de vous-même. Il vous suffit de lancer une brique à la tête de votre téléviseur. Cela lui coupera le sifflet... quelques instants. Car, bien évidemment, votre récepteur n'explosera ni n'implosera, le jeu serait idiot. Après quelques secondes, il recommencera à émettre. Les programmes ne seront peut-être pas meilleurs, mais vous vous serez défoulé — et vous pourrez recommencer ce petit jeu exutoire de la brique autant de fois que cela sera nécessaire.

Comment ?

On l'a compris, cette brique est en mousse et si elle agit sur le téléviseur ce n'est que parce qu'elle renferme une "puce". Celle-ci, en s'approchant du téléviseur, délivre son message à un petit dispositif électronique connecté, d'une part, à une prise électrique, d'autre part au téléviseur. Lorsqu'il est activé par la puce contenue dans la brique, ce minidispositif place quelques instants le récepteur en position de veille.

Pour qui ?

Ce gadget est fabriqué en Extrême-Orient, à très faible coût. La firme qui détient les brevets cherche, pour la France comme pour le reste du monde, des importateurs distributeurs. Elle céderait éventuellement des licences.

ENVIRONNEMENT



Un indice d'effet de serre

Le World Resources Institute et les instances spécialisées des Nations unies pour le développement et l'environnement ont, pour la première fois, calculé un "indice d'effet de serre" tenant compte, pays par pays, des émissions des gaz, essentiellement le CO_2, le méthane et les chlorofluorocarbones (CFC), qui contribuent à l'effet de serre et au réchauffement de la planète.

En tête du "palmarès" les Etats-Unis, avec 17,2 % des émissions totales, devant l'URSS (12 %), le Brésil (10,5 %), la Chine (6,6 %) et l'Inde (3,9 %). Si la Communauté européenne n'est pas présente, ce n'est pas qu'elle respecte particulièrement l'environnement. C'est que ses Etats ont été considérés un par un. Globalement, elle se classerait en deuxième position, juste après les Etats-Unis.

SERVICES

Première : robot à louer

Augmenter votre productivité en automatisant de façon simple les opérations à caractère répétitif qui demandent une rigueur absolue, vous n'avez rien contre, bien au contraire.

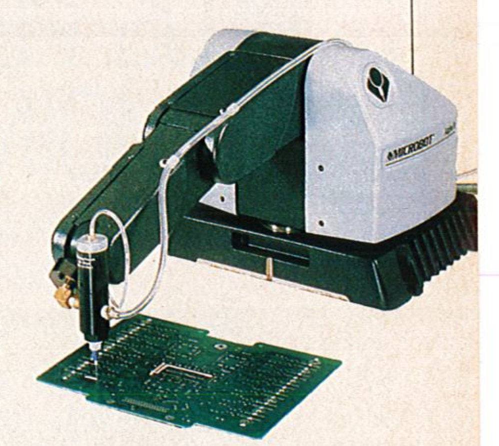
Justement, votre entreprise doit effectuer des tâches toujours identiques à elles-mêmes et qui requièrent une précision comprise entre 0,1 et 0,4 mm. Qu'il s'agisse de pose de fluides, de dépose de colles, de fabrication électronique, ou encore de manipulation, d'assemblage, de chargement et de déchargement de petites pièces. Alors il est temps d'envisager la solution "robot".

La firme UMI vient de sortir un microrobot industriel, l'Alpha II, qui vous convient peut-être. L'engin accepte une charge en bout de bras de 1,360 kg. Ce bras se déplace à une vitesse de 1 300 mm/s avec une charge de 450 g, 150 mm/s avec la charge maximale de 1,360 kg. La "répétabilité" du robot, comme disent les techniciens, atteint ± 0,3 mm avec une charge de plus de 700 g, ± 0,15 mm avec une charge de moins de 450 g. Et Alpha II peut être programmé par apprentissage, grâce à son boîtier à touches multifonctions.

Tentant ? Oui, mais on ne connaît véritablement les performances d'un robot qu'en l'essayant, on ne voit qu'après coup s'il est vraiment productif et rentable et puis on se demande s'il sera facile à intégrer dans l'entreprise.

Alors, dans un premier temps, pourquoi ne pas le louer ? A l'occasion, par exemple, d'une pointe de production qu'il faut absorber sans délai. La firme Locamesure, leader en Europe sur le marché de la location d'équipements électroniques et informatiques, met en effet Alpha II à son catalogue.

Un robot en location, cela constitue une première et c'est véritablement une innovation en matière de services industriels. (Pour tout renseignement : Locamesure, 8 rue de l'Estérel, Silic 456, 94593 Rungis Cedex).



ROUTES

Un cantonnier spécialisé dans les accotements

De trois à quatre millions de francs uniquement pour le fauchage des accotements routiers, c'est ce que chaque département doit débourser chaque année. Ce travail, jusqu'ici effectué au moyen d'un tracteur agricole, peut désormais être pris en charge par un engin spécialisé, conçu pour n'assurer que cette tâche, mais au mieux.

Circulant directement sur l'accotement et libérant la route de toute présence humaine ou mécanique, le Noremat supprime tout risque d'accident. Plus de collision possible avec les autres véhicules. Plus de ces ralentissements dangereux dans le trafic entraînés par l'entretien des accotements. Enfin, plus de personnel d'aide à la circulation qui risque d'être fauché.

L'engin doit son efficacité à sa grande maniabilité. Ses quatre roues principales, motrices et directrices, assurent un rayon de braquage très court. Et sa propulsion, par transmission hydrostatique, lui permet d'avancer, de s'arrêter et de reculer à volonté, cela à l'aide d'une seule commande. Pour toute information : Noremat, 88 rue Pierre-et-Marie-Curie, ZI, 54710 Ludres, tél. (16) 83 25 69 60. ■



24X36 REFLEX : PLUS PERFECTIONNÉS ET MOINS CHERS

La Photokina, le plus grand salon mondial des technologies de l'image depuis quarante ans, se tient du 3 au 10 octobre à Cologne (RFA). Plus de la moitié des produits exposés par quelque 1 300 firmes sont destinés à la photographie, dominée aujourd'hui par les appareils 24×36, compacts et reflex. Pour ces deux types de matériels, l'innovation porte sur les modèles grand public, les reflex bénéficiant en même temps d'une baisse relative de leur prix de vente.

PAR ROGER BELLONE

Nous l'avons vu dans notre numéro d'août dernier, la Photokina 1990 se caractérise d'abord par un essor très net des appareils 24 x 36 compacts. Ils sont maintenant une bonne centaine et leur éventail ne cesse de s'ouvrir, notamment vers les appareils perfectionnés, voire sophistiqués au sens strict du terme, dotés de caractéristiques primitivement conçues pour le reflex. A l'inverse, la gamme de ces derniers reste la même, mais ses modèles les moins coûteux sont de plus en plus perfectionnés, ce qui constitue en fait une diminution de leur prix de vente.

Nikon nous donne l'exemple le plus significatif de cette tendance avec ses deux nouveaux reflex, les Nikon F 601 et F 601 M. Le premier, très proche du F 801, le modèle de la marque le plus apprécié des amateurs avertis et des professionnels, en possède la plupart des caractéristiques (et quelques autres) pour un prix de 3 700 F nu (ou 4 900 F avec un zoom 35-70 mm), soit 1 200 F de moins qu'un F 801. Quant au F 601 M, proche du 601 mais sans mise au point automatique, son prix sera de 2 900 F nu (ou 4 100 F avec le zoom 35-70 mm).

Le Nikon F 601, que nous avons eu la possibilité de tester sur une douzaine de films, s'est révélé être un appareil remarquable, doté d'un viseur hautement lumineux et d'une mise au point automatique particulièrement rapide et fiable. Une brève description de ses caractéristiques essentielles montre à elle seule les possibilités offertes aux amateurs. **Le système de mise au point automatique**, d'abord, comporte un réseau de 200 microcellules permettant de détecter les détails les plus fins même dans la pénombre (les spécialistes disent à −1 indice de lumination, condition qui conduit à photogra-



Nikon F 601. Un reflex automatique de haute précision pour le grand public.

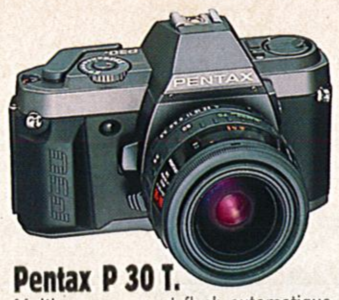
phier avec une exposition de 1 seconde à 1 : 1,4 sur film de 400 ISO).

La mise au point peut être obtenue vue par vue ou en continu sur un sujet mobile. Dans ce dernier cas, un système dit d'anticipation, hier encore réservé aux reflex professionnels, réalise la mise au point sur la distance qu'occupera le sujet lors du déclenchement (éliminant donc l'effet du temps mort entre le moment où l'on appuie sur le déclencheur et celui où l'obturateur s'ouvre). Bien entendu, le déclenchement ne peut intervenir que lorsque la mise au point est parfaite. Enfin, le photographe peut mémoriser une mise au point, ce qui lui permet de la faire sur un plan déterminé du sujet (par exemple un personnage) et de cadrer ensuite avant de déclencher.

Le système d'exposition est tout aussi perfectionné. La lumière est mesurée en divers points du champ (système matriciel) et un microordinateur doté d'un logiciel spécifique en déduit l'exposition convenant au sujet. Le photographe peut aussi décider de contrôler cette exposition afin d'obtenir tel ou tel effet : dans ce cas, il sélectionne la mesure dite "Spot", qui lui permet de mesurer la lumière sur une plage précise du sujet (par exemple la peau du visage, dans le cas d'un portrait). La zone de cette mesure est délimitée exactement par un cercle de 3,5 mm de diamètre au centre du viseur.

En réglage automatique de l'exposition, le photographe dispose d'un multiprogramme. Le microprocesseur règle la vitesse et le diaphragme selon un mode choisi préalablement : programmation totale, priorité à la vitesse, priorité au diaphragme. Dans le premier cas, l'appareil règle la vitesse et le diaphragme en fonction de la lumière et de la focale de l'objectif en service (favorisant par exemple les vitesses rapides avec les longues focales) ; dans le deuxième, il règle le diaphragme après affichage d'une vitesse par l'utilisateur ; dans le troisième, c'est la vitesse qui est réglée après affichage d'un diaphragme.

Un mode "Décalage de programme" donne automatiquement 3 ou 5 vues avec des expositions différentes décalées d'un tiers de diaphragme, ce qui permet ultérieurement de choisir la meilleure des trois images. Enfin, l'utilisateur a toujours la possibilité soit de mémoriser une mesure de lumière, soit de corriger un programme d'exposition pour réaliser un effet particulier.



Pentax P 30 T.
Multiprogramme et flash automatique sur ce 24×36 de moins de 2 000 F.

La photo au flash bénéficie d'un maximum de perfectionnements. Tout d'abord, le Nikon F 601 possède un flash intégré (de nombre guide 13 pour 100 ISO) se mettant en service par simple pression sur les bords du prisme de visée. Son fonctionnement est alors automatique par mesure de la lumière en temps réel sur le film durant l'exposition. Il couvre toutes les focales jusqu'à 28 mm. Diverses options sont offertes au photographe :

- en mesure matricielle (sur tout le champ photographié), le microprocesseur détermine la durée de l'éclair assurant une bonne exposition des premiers plans (visages par exemple) et le temps d'ouverture de l'obturateur permettant une exposition correcte des lointains par la lumière ambiante (comme le soleil). Ce système est des plus utiles lorsque le premier plan est en contre-jour ou situé à l'ombre.
- Correction manuelle de l'exposition de +3 à −3 indices de lumination.
- Synchronisation sur le second rideau de l'obturateur. Cela permet, avec les sujets en déplacement,



Olympus IS-1000.
Le zoom incorporé de ce reflex comporte des lentilles en verres spéciaux assurant un haut degré de correction.

Fuji DL-900 Zoom. Un 24×36 compact à mise au point automatique et précadrage du sujet.



Contax RTS III. Mesure de la lumière sur le film et vitesses comprises entre 32 s et 1/8 000 s sur ce reflex automatique régulé par quartz.



de créer un effet de "filé", tout en obtenant un éclairement correct du sujet net.

Les autres caractéristiques du Nikon 601 sont classiques sur des appareils de même prix : objectifs interchangeables, entraînement par moteur intégré, vue par vue et prise de vue à 1 ou 2 im/s, vitesses de 30 s à 1/2 000 s et pose. L'appareil mesure environ 15 x 10 x 7 cm et pèse 650 g (sans pile, celle-ci étant du type au lithium 6 V).

Indéniablement, le Nikon F 601 représente un progrès sensible dans le domaine des reflex de prix modérés. Sa construction est soignée et ses possibilités conviennent à des amateurs exigeants qui souhaitent s'en remettre à l'ordinateur de bord ou en contrôler le fonctionnement.

La tendance se retrouve chez les autres constructeurs. Canon propose l'EOS 1000 (environ 2 990 F avec flash — non intégré — et zoom 35-80 mm). Cet appareil, plus simple que le Nikon F 601, possède tout de même une mise au point automatique rapide, l'anticipation de cette mise au point, une mesure multizones de la lumière, une mesure sélective sur 9,5 % du champ, plusieurs programmes d'exposition, des vitesses de 1 à 1/1 000 s et une fréquence de 1 image par seconde.

Chez Pentax, l'un des modèles les plus populaires de la marque, le P 30 N, va céder la place au P 30 T, de prix similaire (moins de 2 000 F), mais plus perfectionné, avec deux automatismes d'exposition et le réglage manuel, mémorisation des mesures, contrôle de profondeur de champ et stigmomètre de mise au point incliné à 45° (convenant donc aussi bien aux lignes verticales et horizontales). Même évolution chez Ricoh, dont le KR-10 M améliore le KR-10 X, principalement pour le système automatique d'exposition et l'entraînement par moteur à 2 im/s. Le Ricoh KR-10 M comporte un obturateur de 36 s à 1/2 000 s, un stigmomètre incliné à 45°, les sensibilités de 25 à 5 000 ISO, le flash automatique et à réglage manuel.

Le japonais Kyocera présente le Contax RTS-III, un appareil aux caractéristiques classiques, mais à l'électronique de haute qualité, notamment contrôlée par quartz, avec vitesses de 32 s au 1/8 000 s et synchronisation flash au 1/250 s. L'exposition se règle manuellement ou en automatisme avec priorité (soit de la vitesse, soit du diaphragme). Le flash (automatique ou à réglage manuel) possède une mesure de la lumière sur le film durant l'exposition.

Olympus, enfin, reste fidèle au 24 x 36 reflex à zoom intégré (pas d'objectifs interchangeables), mais en lançant un modèle hautement perfectionné, l'IS-1000, à flash intégré relativement puissant (nombre guide 20 pour 100 ISO).

Le zoom est un 4,5-5,6 de 35-135 mm doté de lentilles en verre ED (extra-dispersion). Ce type de verre, déjà utilisé sur des objectifs professionnels de longue focale, très coûteux, permet des corrections poussées jusque sur les bords de l'image à toutes les focales et à toutes distances, y compris en photomacrographie (à 4 cm du sujet pour cet objectif). Les caractéristiques essentielles de cet appareil (sur lequel nous reviendrons dans un prochain numéro) comportent la mise au point automatique, la mesure de la lumière sur le film, plusieurs programmes d'exposition (automatisme total, priorité au diaphragme, manuel), le flash automatique et toutes les corrections de réglage de l'exposition et de la mise au point.

Les appareils 24 x 36 compacts présentés à la Photokina ont, comme nous l'avons déjà dit, été évoqués dans notre numéro d'août. La tendance vers l'élargissement de l'éventail des modèles, tout particulièrement vers plus de perfectionnements, se confirme avec les derniers appareils annoncés.

Tel est le cas des Chinon Auto 4001 et 3501 à zoom 35-70 mm, à mise au point automatique et dotés de trois programmes d'exposition automatique. Chez Fuji, le modèle DL 900 Zoom possède des automatismes de la mise au point adaptés au paysa-

(suite de la page 177)

LA BATAILLE DES CAMÉRAS DE POCHE

Dans le domaine de la vidéo d'amateur, la Photokina 1990 est dominée par les camescopes ultraminiaturisés à mise au point automatique, avec son haute-fidélité et dispositifs pour effets spéciaux par codage numérique.

PAR THOMAS MOUTEL

Il y a quinze ans, alors que Sony lançait son premier magnétoscope Betamax et JVC son premier modèle VHS, on n'imaginait guère que ces appareils encombrants, dotés d'un tambour de quatre têtes magnétiques tournantes de fabrication délicate, pourraient être un jour incorporés à une caméra vidéo légère. Aujourd'hui, non seulement ce tour de force technologique a été réalisé, mais les camescopes destinés aux amateurs ont acquis compacité et automatisme. Et, sur ce plan, le salon de la Photokina 1990, qui, comme nous l'avons signalé dans notre article page 132, se tient à Cologne du 3 au 10 octobre, montre que les limites de la miniaturisation ne sont pas atteintes puisque toutes les firmes proposent (ou annoncent pour 1991) des camescopes de 800 grammes et même moins. Parmi les derniers-nés, mentionnons le Canon A-10 en 8 mm (19 cm de long, 800 g, qui sera lancé en France au prix de 10 000 F), l'Hitachi VM-E10, en 8 mm (780 g), le JVC GR-AX-7 en VHS-C (750 g), le JVC GR-AX-7E en VHS (760 g), le Philips VKR 6870 en VHS-C (750 g) et le Panasonic NV-S1 (également 750 g).

Cette extraordinaire compacité n'est pas obtenue au prix d'une diminution des caractéristiques. Bien au contraire ! Les camescopes miniaturisés possèdent les perfectionnements essentiels, sont plus ou moins automatisés et, souvent, sont dotés de dispositifs pour effets spéciaux. Ainsi le camescope Panasonic NV-S1 (disponible dès ce mois-ci au prix de 10 000 F) possède-t-il l'arrêt sur image à la prise de vue et un système de vue par vue à la fréquence de 0,2 im/s. Dans les deux cas, l'image est contrôlée par traitement numérique. Le camescope permet encore une page de titre ou de générique animé.

Chez Canon un modèle A 10 est équipé d'un zoom



Les compacts gardent la ligne. Malgré son poids plume (750 g), le Panasonic NV-S1 (à droite), extrêmement compact, facilite la prise de vue caméra au poing et ne le cède en rien à ces aînés pour ce qui est des perfectionnements. Quant au Sanyo VM-ES-88, sa forme extra-plate permet de filmer en le tenant comme des jumelles.

2/8,5-68 mm avec deux vitesses de variation de focale, mise au point automatique, capteur sensible à 7 lux, vitesse de 1/50, 1/500 et 1/1 000 s, fondu par traitement numérique de l'image et titrage en sept couleurs.

De même chez JVC, les deux modèles compacts AX-7 sont pourvus de caractéristiques très complètes : obturateur jusqu'au 1/4 000 s, sensibilité à 5 lux, générique et titrage numériques en sept couleurs. Le modèle GR-AX-7E possède en outre l'inversion de couleurs négatif-positif et un zoom de type macro à mise au point automatique.

En ce qui concerne les systèmes d'enregistrement, de plus en plus de camescopes sont proposés en S-VHS ou en 8 mm Hi-band (ou Hi-8). Ces systèmes, nos lecteurs le savent, améliorent l'image en séparant les signaux de lumière (l'image noir et blanc) et de couleur (qui colorent cette image noir et blanc). C'est un pas vers la télévision à haute définition, qui, par une séparation identique, améliore la qualité de l'image par suppression des possibilités d'interférences entre ces signaux de lumière et de couleurs. Dès aujourd'hui, la définition en S-VHS ou en Hi-8 atteint 400 lignes horizontales au lieu de 250 en VHS ou en 8 mm classiques.

Bien entendu, cette performance suppose que tous les maillons de la chaîne image au sein du camescope soient de qualité suffisante. Un zoom de pouvoir séparateur et de contraste suffisamment élevés est nécessaire. L'analyseur d'images (écran à transfert de charge ou écran MOS) doit lui-même séparer plus de 400 points. Ce qui est le cas seulement avec les analyseurs récents de 420 000 ou 460 000 cellules.

Avec l'arrivée de mémoires et de microprocesseurs miniaturisés à l'extrême, le traitement numérique des signaux est entré dans les camescopes d'amateur. Celui-ci a ouvert la voie à de nouvelles fonctions comme la création d'effets spéciaux, de titrages et de génériques, l'amélioration de l'image, le montage de plans au moyen du camescope ou la numérotation des images en vue de leur montage ultérieur (code temporel). En voici quelques exemples.

Le camescope Canon A2-Hi (disponible le mois prochain au prix de 15 000 F) comporte cinq systèmes essentiels d'effets spéciaux numérisés : 12 vitesses de 1/6 à 1/10 000 s, arrêt sur image et ralenti, solarisation (effet de contour sur les sujets), titrage et fondus (enchaînés et au blanc). Cet appareil procure des images de haute qualité (analyseur de 470 000 cellules et zoom 1,4/8-80 mm avec doubleur de focale électronique permettant une variation de 16 à 160 mm). Le son est stéréophonique et de haute-fidélité.

Chez JVC, les camescopes les plus perfectionnés présentés à Cologne sont les GR-S-70E et GR-S-99E, tous deux en Super VHS. Dans le domaine du montage et des effets spéciaux, ils permettent le titrage et trois pages de textes, un choix parmi huit couleurs, l'inversion négatif-positif, l'animation automatique, le fondu audio-vidéo, l'insertion d'image, le doublage du son, ainsi que des prises de vues jusqu'au 1/1 000 s. Tous deux sont dotés d'un analyseur de 420 000 cellules, d'un zoom à deux vitesses et d'une sensibilité permettant de filmer avec 10 lux de lumière. Le modèle GR-S-70E est à mise au point automatique tandis que le GR-S-99E est doté du son stéréophonique haute-fidélité. Sur ce dernier, une fonction professionnelle est proposée avec un générateur de code temporel VITC (Vertical Interval Time Code). Fourni en option, il s'emboîte sur le camescope. A la prise de vue, il entraîne un signal numérique qui numérote chaque image avec heure, minute et seconde (ex., 01 : 14 : 45 : 19). Précisons que ce code temporel correspond à un temps continu : les valeurs du code démarrent à zéro et se suivent sans discontinuer sur la bande, même si l'on arrête de filmer de temps à autre.



Petit, mais performant ! Le JVC GR-AX-7, un des derniers-nés de la firme, pèse 750 grammes et enregistre en VHS-C.

Chaque image a donc un numéro : invisible sur le téléviseur, il n'apparaît que sur les écrans de contrôle des tables de montage qui lisent le VITC. Intérêt de cette numérotation : elle permet au monteur d'affiner la précision du montage en donnant comme point d'entrée le code temporel de l'image choisie.

Une autre firme, Panasonic, propose avec son camescope NV-MS-70 (S-VHS-C Hi-fi stéréophonique) un générateur VITC en option (800 F). Ce n'est pas un hasard... Panasonic étant, avec JVC, l'une des deux filiales du groupe japonais Matsushita. Ce camescope est à mise au point automatique, jusqu'en position macro. Une mémoire permet des titres selon 12 modes d'apparition et de déroulement et ce en huit couleurs. **•Thomas Moutel**

METTEZ UN BUREAU DANS VOTRE AUTO

PAR HENRI-PIERRE PENEL

Pour ne plus perdre de temps dans les embouteillages, l'homme d'affaires a fini par emporter son téléphone et son dictaphone dans sa voiture. Un constructeur lui propose aujourd'hui d'y ajouter un télécopieur et un Minitel.



Gagnée par le téléphone, l'automobile pourrait bien l'être aussi par ses périphériques, du Minitel au micro-ordinateur, en passant par le télécopieur. Une firme française, Corinne Parise, vient, en effet de créer l'IMS 2000, une interface capable d'assurer l'interconnexion d'un radiotéléphone du réseau Radiocom 2000 (le réseau pour les automobilistes) avec d'autres appareils de transmission des images et du son.

L'idée n'est pas nouvelle. Des tentatives avaient déjà été faites, mais les adaptateurs proposés n'étaient pas totalement compatibles avec le réseau Radiocom 2000 et, notamment, la présence d'une personne à proximité de l'appareil restait indispensable pour "décrocher" en cas d'appel. Pour l'IMS 2000 (IMS pour Interface Multi Service), en revanche, cette compatibilité est totale. Un télécopieur sera donc parfaitement en mesure de recevoir automatiquement une épreuve et un répondeur pourra enregistrer un message. En fait, le véhicule devient ainsi un véritable bureau relié au réseau commuté conventionnel.

L'IMS 2000 offre un large éventail de services. En ce qui concerne le télécopieur, tout d'abord, deux

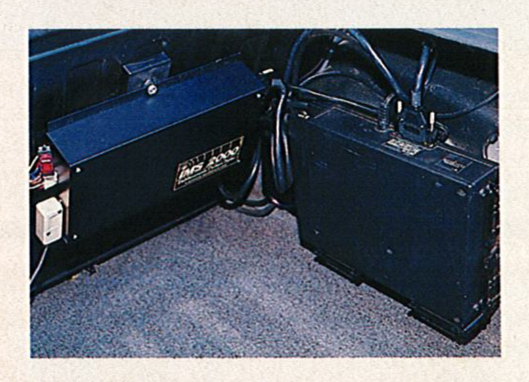
Le matériel roulant. Grâce à l'interface IMS 2000, il est désormais possible de connecter dans sa voiture un microordinateur portable (**1**), un Minitel, un répondeur-enregistreur (**2**), et un téléphone sans fil (**3**), tandis qu'un télécopieur (page ci-contre) transmet ou reçoit des documents. Le coffre abrite l'interface et l'émetteur radio-téléphone.



possibilités s'offrent lors du choix de l'appareil : s'il existe, en effet, des modèles capables de fonctionner directement sous 12 volts (seule tension disponible sur une voiture), la gamme de ces appareils est toutefois relativement restreinte, aussi est-t-il possible également de s'équiper d'un modèle fonctionnant normalement sur le secteur en lui adjoignant un convertisseur, transformateur électronique capable de fournir 220 volts alternatifs à partir des 12 volts continus du véhicule.

Revenons au téléphone : sous sa forme actuelle, il devient inutilisable dès qu'on quitte l'automobile. Un inconvénient qui disparaît avec le téléphone sans fil. Divers modèles ne nécessitent qu'une légère modification, voire fonctionnent directement sous 12 volts. Une extension particulièrement intéressante, par exemple, pour un médecin lorsqu'il est en visite auprès de malades.

Le système IMS 2000 permet encore l'usage du Minitel. Ici aussi, deux possibilités s'offrent à l'utilisateur. Soit acquérir un appareil portable, encore relativement cher, soit utiliser un Minitel ordinaire sur convertisseur. Il est aussi parfaitement possible de remplacer le Minitel par un microordinateur portable équipé d'un modem.



Ce type d'appareil pourrait très bien être utilisé pour ses applications classiques. Mais il serait tout de même difficile, en automobile, de mettre constamment à jour les fichiers. En fait, grâce au réseau Radiocom 2000, le microordinateur servira surtout de terminal intelligent. Ainsi, envoi ou réception de données ne créeront pas le moindre embarras. De même, cet ordinateur permettra de consulter le fichier central, évitant ainsi de saturer la mémoire de l'appareil par des données peu utiles.

Enfin, l'IMS 2000 est en mesure de contrôler un système antieffraction du véhicule particulièrement perfectionné. En effet, l'automobile et les matériels téléphoniques qu'elle contient risquent fort d'attirer les voleurs. Un antivol s'impose donc. Et, grâce à l'IMS 2000, il est possible de choisir un modèle capable de composer un numéro de téléphone préprogrammé dès que quelqu'un tente de pénétrer dans la voiture. De plus si, par oubli, le dispositif n'a pas été activé en quittant le véhicule, il est parfaitement possible d'y remédier à tout instant en téléphonant à l'appareil.

Homologué par France-Télécom, l'inferface IMS 2000 est commercialisée au prix de 6 200 F environ. Une somme au demeurant fort modeste pour transformer sa voiture en bureau. **Henri-Pierre Penel**

IBM. LE PLUS COURT CHEMIN ENTRE MOI ET CE QUE JE VEUX DEVENIR.

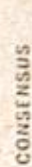
"Je sais ce que je veux ! Une entreprise High Tech, ouverte sur l'environnement international, dans laquelle les rapports sont simples et directs, qui me permette de réaliser mes projets professionnels après une formation pointue."

Si tel est votre objectif et si vous êtes DIPLOME(E) de l'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR LONG (Bac + 4 minimum - Grandes Ecoles ou Universités) adressez-nous votre candidature pour l'un des postes suivants :

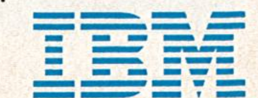
Ingénieur Commercial ou Technico-Commercial, Ingénieur d'affaires, Ingénieur Développement, Ingénieur Systèmes, Ingénieur Projets, Financier, Formateur, Traducteur...

Des itinéraires variés et de réelles responsabilités vous attendent.

Renseignements et candidatures : IBM France – (réf. ISI 10)
Département Recrutement - 5, place Vendôme - 75001 PARIS.



ALBERTVILLE 92
PARTENAIRE OFFICIEL



INFORMATIQUE : LE RÈGNE DE LA SPÉCULATION

19 000 offres d'emploi pour 2 500 ingénieurs informaticiens. Et une demande en techniciens plus forte encore. Au total, une situation de pénurie encouragée par les entreprises.

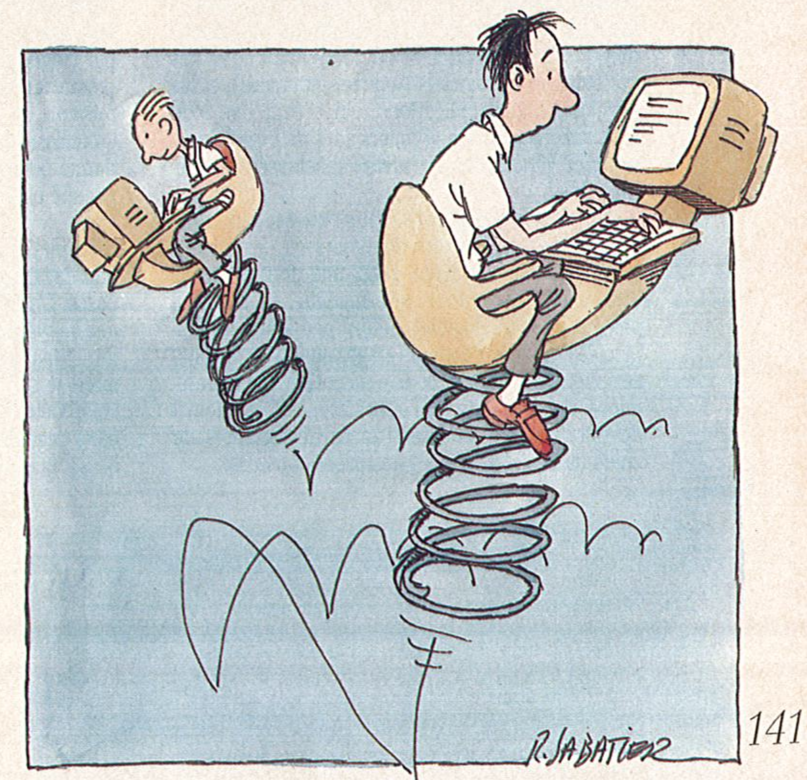
PAR ISABELLE BOURDIAL

L'informatique est un secteur qui recrute. Une petite annonce sur quatre s'adresse aux informaticiens alors qu'ils ne représentent que 1 % de la population active. Dans ces conditions, on pourrait s'attendre à une forte croissance des effectifs. Il n'en est rien car les entreprises sont loin de pourvoir tous les postes qu'elles offrent, soit que les professionnels manquent, soit qu'ils ne satisfassent pas à leurs exigences. Certaines retiennent avec peine leurs nouveaux employés et doivent parfois recruter pour un même poste plusieurs fois dans l'année. Quelques chiffres suffisent pour décrire l'ampleur de la pénurie : près de huit offres d'emploi pour un ingénieur informaticien. Quant à la demande en techniciens, elle est encore plus pressante puisqu'elle concerne la moitié des postes à pourvoir et a augmenté de 30 % en 1988.

L'informaticien intéresse essentiellement trois types d'employeurs : les constructeurs de matériel informatique, les sociétés de service et d'ingénierie informatique (SSII), les entreprises utilisatrices d'informatique. Selon une enquête réalisée par la revue *01 Informatique TMO* (1), les SSII bénéficient cette année de la moitié des propositions d'emplois alors que les constructeurs sont à l'origine de 5 % des recrutements et les autres entreprises en représentent 44 %.

Les constructeurs sont donc les plus faibles recruteurs d'informaticiens. Après le boom des années 1980, la conjoncture se prête moins à l'euphorie quoique le marché français ait tout de même progressé de 8 % en 1988. L'automatisation de la production, de même que le transfert d'activités commerciales à des partenaires extérieurs contribuent à la diminution de leurs effectifs. Cependant, les constructeurs se mettent à diversifier leurs activités vers les services et recrutent toujours davantage d'informaticiens (un tiers des salariés). Leurs campagnes d'embauches intéressent particulièrement les jeunes diplômés qui constituent la moitié des recrutements. C'est un record !

Les SSII ne les dédaignent pas non plus et leur



réservent 40 % des postes. Aiguillonnées par une progression annuelle de leur chiffre d'affaires de 20 % (45 milliards de francs en 1989), ces sociétés de service ont augmenté leurs effectifs de 240 % en dix ans. Elles créeront 36 % d'emplois en plus cette année... sous réserve qu'elles trouvent les candidats. La croissance du parc informatique et la complexité grandissante des applications favorisent leurs activités. Pourtant, depuis quelques années, les entreprises avaient plutôt tendance à gérer elles-mêmes leur réseau informatique. Il semble qu'elles recommencent à faire plus largement appel à la sous-traitance.

La situation est beaucoup plus diversifiée dans les autres entreprises. De la PME qui utilise un logiciel de facturation à la société dotée d'un département informatique de plusieurs dizaines d'employés, on rencontre tous les cas de figure. En règle générale, l'informatique s'y décentralise. Autour d'un service restreint chargé de l'assistance technique, de la conception et de la mise en place de nouvelles applications dans l'entreprise, se développe une informatique à l'usage des non-informaticiens. Les banques, les compagnies d'assurance et les fabricants de matériel électrique comptent parmi les plus gros employeurs d'informaticiens.

Dans leur recrutement, SSII, entreprises utilisatrices et constructeurs pourvoient en priorité les postes de développement. Les deux premières privilégient ensuite l'organisation des systèmes et des réseaux tandis que les constructeurs favorisent la fonction commerciale. Le terme de "développeurs" désigne les informaticiens qui mettent au point des systèmes, des progiciels (logiciels standard), et les développeurs d'applications, qui créent des logiciels spécifiques. Les premiers sont de purs techniciens, en général des ingénieurs spécialisés et expérimentés.

Plus proches des utilisateurs, les seconds peuvent être des ingénieurs débutants ou des analystes-programmeurs ayant reçu une formation de technicien supérieur en informatique. Le développement du génie logiciel réduira peu à peu les disparités entre développeurs en gérant toutes les phases d'une application, de la conception à la maintenance. Encore réservé à l'informatique de gestion, il devrait, à terme, faciliter l'accès des emplois de chefs de projet aux analystes-programmeurs.

Les ingénieurs réseau et les ingénieurs système ne sont pas des développeurs. Les premiers veillent au bon fonctionnement d'un réseau — qui peut aller des quelques ordinateurs individuels d'une petite société jusqu'à un réseau bancaire multinational — et dirigent les études en vue de son amélioration. Les seconds assurent la mise en place des logiciels et en optimisent l'utilisation. Chefs de projet, ingénieurs réseau et ingénieurs système figurent parmi les professions qui font particulièrement défaut aux sociétés de service et aux constructeurs.

S'ils offrent moins de débouchés, tous les autres métiers ne sont pas pour autant en régression. On s'est aperçu non sans surprise que l'évolution technologique permanente de l'informatique n'entraînait pas nécessairement la suppression de certaines professions et l'apparition de nouveaux métiers. Ainsi, les opérateurs de saisie, condamnés par la technologie depuis une dizaine d'année, sont encore 70 000 aujourd'hui et leurs effectifs ne régressent que lentement. De même, l'automatisation n'a pas supprimé les métiers de l'exploitation ni vidé les salles d'ordinateur. Tout au plus demande-t-on aux spécialistes qui pilotent le déroulement des traitements d'être plus qualifiés (au minimum bac + 2).

Il est périlleux de prétendre faire des pronostics sur l'avenir des nouveaux métiers. Le plus souvent, ceux-ci s'intègrent progressivement aux grandes fonctions traditionnelles de l'informatique. Ainsi, l'architecte des bases de données n'existe plus en tant que tel mais sa tâche est maintenant assurée par l'ingénieur système. Il en sera probablement de même du métier de "cogniticien". Celui-ci a pour mission de recueillir et de mettre en forme les connaissances d'un spécialiste dans un domaine donné pour créer un système expert d'aide au diagnostic ou à la décision. Il offre très peu de débouchés.

La plupart des métiers de l'informatique se mettent davantage au service des utilisateurs que par le passé. L'aménagement des équipements et les études de systèmes prennent en compte leur accessibilité et leur souplesse d'utilisation : c'est que l'informatique se veut aujourd'hui ergonomique et conviviale. Cette tendance se fait particulièrement sentir dans les activités de maintenance. Le matériel, censé être de plus en plus fiable, de même que l'existence d'outils de plus en plus perfectionnés pour le diagnostic des pannes, semble rendre moins indispensables les techniciens de maintenance. Pourtant, leur nombre est globalement resté le même. Mais leur mission a changé : ils ne se déplacent plus uniquement en cas de panne ou de révision mais assistent le client et le conseillent. A leurs



QUELQUES GROS RECRUTEURS

Avec 1 200 nouvelles recrues, c'est Cap Sesa qui aura embauché le plus d'informaticiens en 1990. La société de service prévoit d'en recruter 1 400 en 1991, dont 900 ayant moins de trois années d'expérience. Une société de taille plus modeste, comme Arthur Andersen Informatique, embauchera tout de même 170 informaticiens de niveau bac + 5 ou titulaires d'un DUT. Comme IBM, Bull recrutera environ 500 personnes, avec un niveau minimum de bac + 4, qui se répartiront dans les fonctions de vente, d'études et de maintenance. Une banque comme le Crédit Lyonnais a recherché cette année 150 ingénieurs en informatique.

compétences techniques, ils associent une démarche commerciale.

L'accroissement des niveaux de qualification exigée par les entreprises touche l'informatique dans son intégralité. Le constructeur Bull, qui a lui-même formé les techniciens dont il avait besoin, n'embauche que des informaticiens de niveau au moins équivalent à bac + 4. C'est, il est vrai, un cas extrême mais ce niveau d'études n'en est pas moins celui des deux tiers des nouveaux collaborateurs de la première SSII française, Cap Sesa. Quant au dernier tiers, il est au moins titulaire d'un DUT ou d'un BTS.

Particulièrement frappées par la pénurie d'informaticiens, les sociétés de service "ratissent large". Entendons par là qu'elles vont chercher où elles le peuvent les hommes dont elles ont besoin. C'est pour cette raison qu'un jeune diplômé de haut niveau sur quatre ne sort pas d'une filière de formation en informatique. Ce recrutement tous azimuts concerne avant tout les financiers — monétique oblige — mais également un petit nombre de scientifiques qu'ils soient chimistes, médecins ou agronomes. Il est en effet admis que quelques mois suffisent à un diplômé supérieur pour acquérir une culture informatique de base. Il est à remarquer que les grandes SSII possèdent toutes leur propre école de formation interne. De ce fait, elles sont moins menacées que les petites SSII et que les entreprises en général par la pénurie d'ingénieurs d'études.

Les constructeurs consacrent quant à eux 7 % de leur masse salariale à la formation du personnel, ce qui est très au-dessus de la moyenne nationale. Les plus importants financent même des unités de spécialisation dans des écoles d'ingénieur et des IUT.

La formation interne ne compense pas uniquement la pénurie de personnel très qualifié. Elle suit en permanence une évolution technique rapide qu'aucun informaticien ne peut négliger de prendre en compte. Or, il est très difficile aux professionnels de se former eux-mêmes. Ils doivent impérativement suivre des cours s'ils veulent éviter que leurs connaissances ne se périment. En recyclant en permanence leurs collaborateurs, les sociétés de service espèrent aussi s'assurer leur fidélité. Car, dans ce secteur d'activité, les informaticiens sont de plus en plus mobiles. Le "*turn over*" ou taux de rotation atteint aujourd'hui 20 %. Chez les constructeurs, ce taux est beaucoup plus faible : 1,5 % chez IBM par exemple. Dans les entreprises utilisatrices, il a récemment atteint 7 %. Le nombre de démissions dans l'informatique n'a jamais été aussi élevé. Peut-être s'explique-t-il par le fait que beaucoup d'entreprises espèrent retenir leurs employés en pratiquant une surenchère des salaires, ce qui a pour effet d'attirer les employés de l'entreprise voisine. L'APEC (Association pour l'emploi des cadres) a constaté que, dans le domaine de l'informatique, les demandeurs d'emploi qui prospectent le marché de l'emploi tout en exerçant une activité professionnelle sont en nombre supérieur aux demandeurs d'emploi au chômage. Les informaticiens spéculent sur leur propre valeur : embauchés pour la plupart vers 26-27 ans dans une SSII, après avoir suivi de longues études, ils savent qu'ils doivent rapidement progresser dans la hiérarchie pour diriger une équipe à 32 ans qui, notons-le, représente l'âge moyen des informaticiens travaillant dans une SSII. S'ils échouent, ils courent le risque d'être laissés pour compte ou, ce qui revient au même, dirigés sur des voies de garage.

Au cours des douze derniers mois, les recrutements enregistrés par l'APEC-Ile-de-France ont concerné 37 % de jeunes diplômés et 1,1 % seulement de cadres de plus de cinquante ans, alors que les candidats de cette dernière classe d'âge ne manquaient pas. Ce qui signifie que les exigences des entreprises ne sont pas totalement étrangères à la situation de pénurie qui sévit dans les professions de l'informatique.

Isabelle Bourdial

(1) N° 1097, 2 février 1990.

BONNES ADRESSES

Les formations qui conduisent aux métiers de l'informatique sont nombreuses. Elles sont toutes recensées dans le guide Avenirs de l'Onisep, *l'Informatique, place aux spécialistes*.

BTS (brevet de technicien supérieur) et DUT (diplôme universitaire de technologie) représentent la filière bac + 2. De nombreux lycées et écoles privées préparent aux deux BTS "Informatique de gestion" et "Informatique industrielle", tandis qu'une soixantaine d'établissements universitaires délivrent des DUT "Informatique", "Génie électrique et informatique industrielle", "Génie mécanique et productique".

Au niveau bac + 4, il existe dix-huit maîtrises d'informatique appliquée à la gestion ou MIAGE, dont la cote varie suivant les entreprises et qui débouchent sur des postes de chefs de projet (en passant par analyste-programmeur). Voici deux universités qui y préparent :

- l'université des sciences et techniques de Lille, Flandres-Artois-Lille-I, 59655 Lille.
- L'université de Nice-II, parc de Valrose, 06034 Nice.

Les universités proposent aussi une trentaine de maîtrises de sciences et techniques (MST) spécialisées en informatique comme "Architecture de machines informatiques" proposée par

- l'université Rennes-I, 2 rue Thabor, 35000 Rennes.

Les maîtrises "classiques" d'informatique conduisent en général à un troisième cycle, diplôme d'études approfondies (DEA), diplôme d'études supérieures spécialisées (DESS), ou magistère. Très appréciés, les mastères ne sont pas des diplômes, mais des labels décernés à des formations d'un an accessibles aux ingénieurs et aux titulaires d'un DEA ou d'un DESS. Citons, par exemple

- le CERAM/CERICS de Sophia-Antipolis, BP 48, 06561 Valbonne Cedex.

Quant aux écoles d'ingénieurs (bac + 5), toutes délivrent un enseignement en informatique, mais une vingtaine seulement offre une spécialisation poussée. Parmi celles-ci :

- l'Ecole nationale supérieure d'électrotechnique, d'informatique et d'hydraulique (ENSEEIHT), 2 rue Charles-Camichel, 31071 Toulouse.
- Sup'Télécoms, 46 rue Barrault, 75634 Paris Cedex 13.

La machine de Van de Graaff (3)

PHYSIQUE AMUSANTE

Le mois dernier, nous avons pratiquement terminé la machine de Van de Graaff. Les premiers essais nous ont permis de nous assurer de son bon fonctionnement, mais elle ne peut encore exprimer toute sa puissance : il lui manque en effet un accumulateur de charges, rôle tenu en partie par la sphère creuse qui fait office de cylindre de Faraday.

Celui-ci ne retient à sa surface que les charges d'un signe donné et se trouve de plus rapidement débordé par la présence toujours plus ou moins proche d'une pièce conductrice vers laquelle s'écoulent ces charges — quand elles ne se dissipent pas tout simplement dans l'air environnant. On augmente beaucoup le potentiel efficace de la machine en lui adjoignant un condensateur.

Au tout début des expériences sur l'électrostatique, les observateurs avaient noté qu'un disque métallique isolé pouvait porter une quantité d'électricité plus grande si on mettait face à lui et tout près un autre disque conducteur de même nature. Ils en conclurent que l'électricité était condensée sur le premier disque, d'où le nom de condensateur donné au dispositif constitué par deux surfaces métalliques séparées par un isolant — qui est le plus souvent un solide genre verre ou film plastique, mais qui peut aussi bien être l'air ou même le vide.

On vérifie aisément, ne serait-ce qu'avec notre montage, qu'un condensateur emmagasine une charge totale très supérieure à ce que peut garder un corps homogène unique, telle la sphère conductrice de notre machine. L'expérience montre que la charge augmente à mesure qu'on agrandit les surfaces conductrices mises en présence et qu'on les rapproche le plus possible. Par ailleurs, cette charge dépend aussi de l'isolant mis entre les conducteurs.

Les expériences nombreuses et répétées menées sur les condensateurs montrèrent que la charge emmagasinée entre deux armatures conductrices s'exprime par $Q = C (V-V')$. Le terme C de l'équation est une constante propre à un condensateur donné et qu'on appelle sa capacité. Quant à V et V', ils représentent les potentiels de chacune des armatures.

La notion de potentiel est fondamentale en électricité, mais ses bases mathématiques relèvent de l'analyse vectorielle, aussi n'en retiendrons-nous que l'aspect physique élémentaire lié aux forces électrostatiques — dont nous avons vu les premiers éléments dans les deux précédents articles : le potentiel électrique, à la distance r d'une charge Q, représente le travail qu'il faudrait fournir contre les forces électrostatiques pour amener, depuis l'infini jusqu'à r, une charge $q = +1$.

Ce travail variant avec la distance r, sa valeur n'est pas la même pour différents points de l'espace autour de Q et on parle le plus souvent de la différence de potentiel entre deux points donnés. Dans le cas du condensateur qui nous intéresse ici, ce qui est en jeu c'est la différence de potentiel V-V' entre les deux armatures, V s'exprimant en volts.

La formule $Q = C(V-V')$ montre que la charge du condensateur est d'autant plus forte que sa capacité C est plus grande et la différence de potentiel plus élevée. A son tour, la capacité augmente avec la surface des armatures, avec leur degré de rapprochement et avec la nature de l'isolant mis entre les deux. Un bon condensateur aura donc de vastes armatures séparées par un isolant aussi mince et aussi efficace que possible.

En théorie, il ne resterait donc plus qu'à le soumettre à une énorme différence de potentiel pour emmagasiner une immense quantité d'électricité. En pratique, on se heurte tout de suite à un problème de dimensions : on pourrait sans doute emmagasiner autant d'électricité qu'avec un accu de type automobile, mais à condition que la surface des armatures se compte en km^2 et non en cm.

Par ailleurs, si ces armatures sont très rapprochées, on ne peut les soumettre à des potentiels très élevés sans voir une étincelle percer l'isolant, aussi bon soit-il, et établir un court-circuit entre les deux qui décharge le condensateur en une fraction de seconde. Il en découle que dans la pratique les charges emmagasinées sont toujours relativement faibles et sans commune mesure avec ce que retient une simple pile ronde du commerce.

Si on prend le cas d'un condensateur plan fait de deux feuilles métalliques de surface S séparées

par un film isolant d'épaisseur d, la capacité C s'exprime par la formule $C = e.S/d$, où e est une caractéristique électrique de l'isolant appelée permittivité. Celle-ci vaut sensiblement 1 pour l'air à pression normale, et de 2 à 10 pour les plastiques et les verres.

La charge Q que tient le condensateur étant le produit de la tension par la capacité, on peut la relever en augmentant soit la tension, soit la capacité, mais en pratique pas les deux à la fois, ce qui serait pourtant bien commode. En effet, pour augmenter la capacité — qui s'exprime en farads —, il faut augmenter la surface des armatures, et on est vite limité par l'encombrement, ou diminuer l'épaisseur de l'isolant.

Mais en ce dernier cas, il faut renoncer aux forts voltages générateurs d'étincelles qui feraient tout de suite claquer le condensateur. De fait, les condensateurs qu'on trouve dans le commerce portent toujours deux indications : la capacité, le plus souvent en microfarads (µF), et la tension de claquage en volts. Ceux qui offrent une bonne capacité ne supportent que des tensions faibles, et ceux qui acceptent les forts voltages ont une capacité moindre.

La charge emmagasinée, qui est le produit de la capacité par la tension, reste donc du même ordre de grandeur dans les deux cas. Pour notre machine, qui donne des potentiels dépassant 100 000 V, aucun des condensateurs disponibles dans le commerce ne peut convenir, car leur tension de claquage est bien inférieure. Il va donc nous falloir construire une bouteille de Leyde, condensateur simple et rustique découvert par hasard en 1746 par trois savants hollandais de Leyde.

L'Anglais Smeaton améliora le dispositif, puis l'abbé Nollet, en France, lui donna sa forme définitive : un flacon de verre mince revêtu extérieurement d'une feuille d'étain ; une tige métallique traverse le bouchon qui ferme la bouteille et vient en contact avec les feuilles de clinquant qui garnissent l'intérieur. Il en existe une variante, dite jarre de Leyde, à large goulot, dont l'intérieur est également tapissé d'une feuille d'étain.

On y retrouve bien sûr tous les éléments d'un condensateur : les feuilles métalliques intérieures et extérieures en sont les armatures, le verre du flacon étant l'isolant. Celui-ci étant relativement épais, la capacité n'est pas très élevée, mais il peut supporter sans claquer des différences de potentiel très importantes, comme celles débitées par les machines électrostatiques.

Avant de construire cette bouteille qui va nous permettre d'avoir des étincelles dépassant le décimètre, redonnons la liste du matériel nécessaire à la construction des accessoires de la machine de Van de Graaff :

— Feuillard de cuivre 1/10e d'épaisseur, 60 x 60 mm ; 1 écrou borgne, Ø pas de vis de 3 mm ; 1 tube laiton Ø 5 mm, L = 240 mm ; 1 tube plastique Ø extér. 7 mm, L = 500 mm.

— Encre conductrice à l'argent Elécolit ; 3 entretoises de Ø 4, L = 12 mm, avec pas de vis Ø 3 mm ; 6 écrous 3 mm de Ø ; 1 diode électroluminescente ; fil de cuivre émaillé Ø 1 mm, L = 600 mm ; 2 boîtiers de piles 1,5 V Wonder type "Sacso" ; 1 tube au xénon (tube flash) Ø 4,2, L = 50 mm ; sphère laiton ou cuivre Ø 14 mm.

Le polystyrène choc et la plupart des composants sont disponibles chez Pierron, 57206 Sarreguemines Cedex.

Pour fabriquer notre bouteille de Leyde — ***figure 21*** — nous avons essayé plusieurs récipients et plusieurs dimensions. Nous avons retenu finalement un bocal en plastique, d'un diamètre de 65 mm, d'une hauteur de 130 mm couvercle non compris, avec une épaisseur de 2 mm (marque Mepal Rosti, acheté au BHV rue de Rivoli à Paris, rayon des articles ménagers). Certes, il n'est pas obligatoire de disposer de ce modèle précis. Tout bocal (verre ou plastique) de taille voisine conviendra. Mais celui retenu dispose d'un bouchon hermétique — ce qui évite l'humidité nuisible aux performances — et il donne d'excellents résultats.

Quel que soit le type de bocal choisi, il faut respecter la distance qui sépare l'armature externe de la tige. On laissera donc au minimum, comme indiqué ***figure 21***, 60 mm entre le côté supérieur des armatures et le bord du vase. Faute de quoi, les étincelles jailliraient entre l'armature et la tige et il serait impossible de tirer le meilleur parti de la machine.

Pour réaliser les armatures, on va plaquer les surfaces avec du papier aluminium ménager appliqué sur une surface encollée avec le bâton Uhu, comme nous l'avions

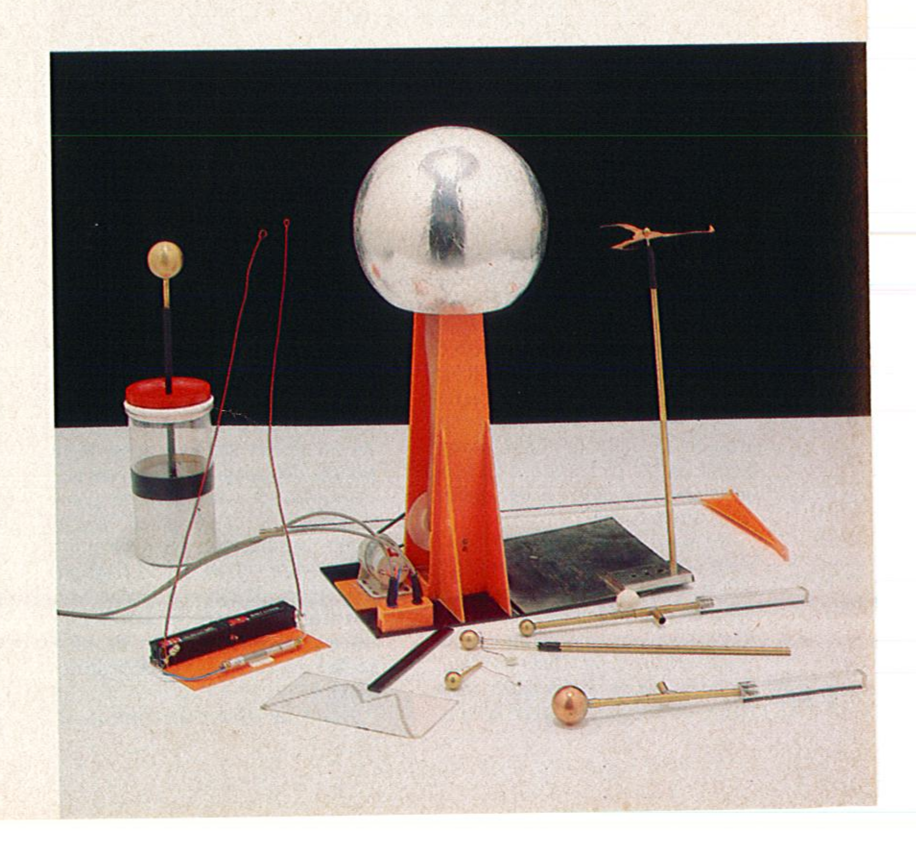


Figure 21. Le condensateur.

Figure 22. Les éclateurs à main.

Figure 23. La machine de Van de Graaff en fonctionnement.

Figure 24. Le moulinet électrostatique (1).

Figure 25. Le moulinet électrostatique (2).

fait pour la sphère. On commencera par un disque collé sur le fond, puis on introduira un cylindre qu'on appliquera proprement sur la paroi intérieure en évitant des traces de colle sur la paroi libre. On préparera un disque de polystyrène d'un diamètre correspondant à celui de l'intérieur du bocal : il est destiné à maintenir l'éclateur vertical et centré. Il sera percé d'un trou de 5,5 mm pour y faire passer serrée la tige de l'éclateur du condensateur revêtue d'une gaine thermorétractable.

Il restera à plaquer la paroi extérieure comme indiqué ***figure 21***, à percer le couvercle (5,5 mm) et à introduire l'éclateur surmonté d'une boule en laiton d'un diamètre d'environ 25 mm. Bien entendu, il faut s'assurer que la partie inférieure de l'éclateur touche bien le fond de la bouteille. Selon le type de boule utilisé, on réglera la hauteur de la tige de telle façon que, la bouteille étant posée sur le socle, la boule de son éclateur puisse bien toucher la sphère de la machine — ***figure 23***.

Avant de procéder aux essais et aux réglages définitifs, il est utile de confectionner deux éclateurs à main — ***figure 22*** —, qui rendront de nombreux services aussi bien pour le déplacement des divers accessoires sous tension que pour décharger le condensateur avant toute manipulation. Rien de nouveau à dire concernant la fixation des boules de laiton à l'extrémité des tiges ; les poignées seront faites avec deux morceaux de Plexiglass découpés dans une règle de bureau.

Avant de passer aux essais et aux réglages définitifs, rappelons que la machine de Van de Graaff donne des tensions élevées et n'est pas un jouet à laisser à la disposition de jeunes enfants. On n'oubliera pas non plus, avant de la toucher, de décharger la bouteille de Leyde en mettant en contact son éclateur avec celui de la machine. Pour la vider complètement, il faudra même s'y reprendre à plusieurs fois, car, après le premier contact, il reste encore suffisamment de courant pour surprendre et la faire lâcher avec le risque de la casser, si elle est en verre.

L'éclateur fixe étant mis dans le premier ou le second trou à partir de la sphère, on disposera la bouteille comme indiqué ***figure 23***, la boule de son éclateur à quelques millimètres de la sphère, et on mettra en marche le moteur. Si la ma-

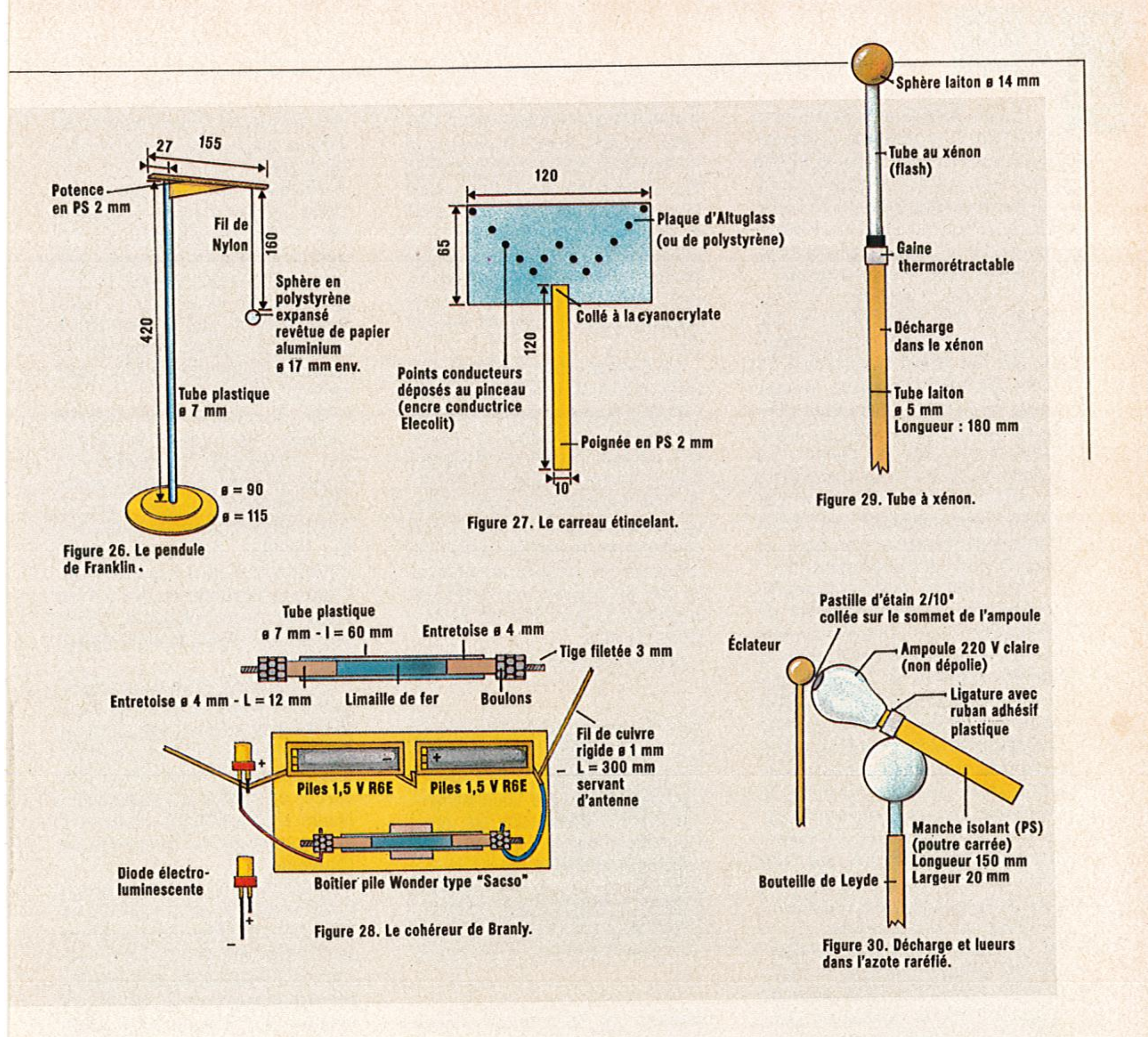


Figure 26. Le pendule de Franklin.

Figure 27. Le carreau étincelant.

Figure 29. Tube à xénon.

Figure 28. Le cohéreur de Branly.

Figure 30. Décharge et lueurs dans l'azote raréfié.

chine a été réglée comme nous l'indiquions le mois dernier, on doit entendre de petits claquements entre ces deux sphères tandis que l'électroscope se déplace. C'est le signe que le condensateur est en charge.

Si tout va bien, au bout d'un certain temps, qui varie selon la vitesse du tapis roulant et l'état hygrométrique de l'atmosphère, une brillante et bruyante étincelle jaillira entre la sphère et l'éclateur fixe. On pourra alors placer l'éclateur fixe dans le trou le plus éloigné de la sphère. L'étincelle sera donc au maximum de sa puissance, mais bien sûr le temps de charge sera un peu plus long. Si la machine ne donnait aucun signe d'activité, il faudrait reprendre le processus d'amorçage tel qu'il a été décrit le mois dernier.

Supposant qu'elle marche bien, on peut alors passer à la fabrication de divers accessoires dont le fonctionnement a déjà été expliqué lors des deux études consacrées à la machine de Wimshurst :

- le tourniquet électrostatique (***figures 24 et 25***). On découpera le moulinet dans du feuillard de cuivre de 0,1 mm. Le dessin du moulinet sera tracé sur un calque au crayon gras. On retournera le calque sur le feuillard, on le fixera avec du ruban adhésif et on suivra son tracé avec une pointe sèche ou un crayon dur. Le tracé sera ainsi reporté sur le cuivre. Un trou de 3 mm sera percé au centre et on collera (cyanocrylate) un écrou borgne qui jouera le rôle d'une crapaudine.

Après avoir fixé — cyanocrylate — un clou de faible diamètre à l'extrémité d'un tube de laiton de 5 mm de diamètre (25 cm de longueur), on essaiera le moulinet afin de s'assurer de son équilibrage. Dès que cet équipage sera disposé à la place de l'éclateur fixe, et la machine mise en route, le moulinet se mettra à tourner assez vite.

- Le pendule de Franklin ; la ***figure 26*** montre comment le réaliser. La partie supérieure est constituée de deux pièces en polystyrène et un fil de Nylon permet de suspendre une boule en papier d'environ 17 mm genre "cotillons" ou une sphère en polystyrène expansé. On réglera la longueur du fil de telle façon que la boule vienne au contact de la sphère de laiton de l'éclateur fixe. Le mât est constitué par un tube plastique de 7 mm de haut, de 42 cm. Il est emmanché et collé dans deux disques en polystyrène.

Si l'on dispose le pendule entre l'éclateur et la sphère, le condensateur étant en circuit, on observera qu'il continue ses oscillations aléatoires bien longtemps après l'arrêt du moteur. Il met alors en évidence la quantité d'énergie électrique emmagasinée par le condensateur.

• Le carreau étincelant. On le fabriquera très simplement en suivant les indications données ***figure 27***. Les points conducteurs seront déposés au pinceau trempé dans de l'encre conductrice (Elécolit 340) en vente dans les magasins Tandy (35 F le flacon d'un gramme). Si l'on veut économiser le prix de l'encre, on pourra tout aussi bien découper de petits fragments d'étain et les coller en lieu et place des points argentés.

Pour obtenir l'effet recherché, c'est-à-dire un fractionnement de l'étincelle en de nombreux points lumineux suivant le dessin tracé, il faudra disposer le condensateur comme indiqué sur la ***figure 23*** et attendre quelques instants qu'il se charge, puis mettre les deux extrémités du carreau au contact, l'une de la sphère, l'autre de la boule de l'éclateur. Si l'on attend trop longtemps, la décharge peut se faire à côté du carreau. Si l'on agit trop vite, les effluves qui s'échappent des points conducteurs empêchent la charge du condensateur.

• Le cohéreur de Branly. La ***figure 28*** montre comment le fabriquer à partir d'un petit tube de plastique que l'on remplira de poudre de fer comprimée entre deux entretoises, qui jouent le rôle de pistons. Deux piles de 1,5 V montées en série alimenteront le circuit dans lequel sera intercalée une diode électroluminescente servant à matérialiser le passage du courant. Deux fils de cuivre soudés aux endroits indiqués serviront d'antenne.

Lorsque le montage sera terminé et mis sous tension, on disposera la machine comme indiqué ***figure 23*** en laissant la boule du condensateur à quelques millimètres de la sphère et on la mettra en marche. Si l'on approche le détecteur (à une vingtaine de centimètres, mais sans jamais faire toucher l'une ou l'autre de ses antennes aux conducteurs sous tension) on verra la diode éteinte jusque-là se mettre à clignoter.

Cela signifie que les ondes électromagnétiques émises par l'étincelle ont fait chuter la résistance de la poudre de fer. Un léger choc sur le tube qui la contient suffit pour rétablir une forte résistance et la diode s'éteint. Mais lorsque le condensateur est chargé et qu'une longue étincelle éclate — disons une fois sur trois — la diode se rallume : l'effet Branly est déclenché.

Un nouveau choc sur le tube rétablit la forte résistance et la diode s'éteint à nouveau. Cette expérience, un peu capricieuse en raison des moyens extrêment rustiques mis en œuvre, montre les difficultés que rencontra le savant français avant d'arriver à donner à son cohéreur une sensibilité suffisante. Il essaya des poudres métalliques de diverses natures, les mélangea, augmenta la pression ou la longueur du tube.

Mais finalement la galène vint détrôner son détecteur, en attendant de l'être elle-même par la lampe, qui déclina dès l'arrivée des transistors.

RAPPEL

Les expériences les plus marquantes et les plus importantes de cette rubrique ont été regroupées dans l'ouvrage *la Physique amusante*. En vente à *Science & Vie*, 5 rue de La Baume, 75008 Paris. Prix : 75 F (85 F par envoi direct).

• Le tube au xénon ; il s'agit d'un gaz rare présent dans l'atmosphère et qui est utilisé dans les lampes à flash destinées à la photo. Nous l'avons monté et collé dans un tube de laiton de 5 mm (18 cm de long) comme décrit ***figure 29***. Un petit morceau de gaine thermorétractable enserre sa base collée à la cyanocrylate. La même colle est employée pour assembler la boule de laiton qui surmonte le tout.

Il suffit de mettre en place cet éclateur d'un nouveau genre en lieu et place de l'ancien et de lancer la machine. On observera alors que la longueur de l'étincelle est augmentée de celle du tube : le courant passe comme si le xénon était aussi conducteur que le cuivre. En réalité, c'est la tension appliquée qui modifie les propriétés de ce gaz en l'ionisant.

• Décharge dans les gaz rares ; notre dernière expérience (***figure 30***) va mettre également en évidence l'ionisation d'un gaz, celui contenu dans une ampoule électrique. Nous la choisirons en verre clair faute de quoi le phénomène ne serait pas visible. Notons qu'une ampoule grillée conviendra aussi bien qu'une neuve.

On la munira d'un manche fabriqué avec quatre rectangles de polystyrène assemblés en forme de poutre à section carrée. Une ligature effectuée avec un ruban adhésif plastique le fixera à la douille. Un petit disque d'étain sera collé à la partie supérieure de l'ampoule et, la machine étant en fonctionnement, on la présentera comme indiqué ***figure 30***.

On observera alors deux phénomènes. D'abord, on verra l'étincelle passer de la boule de l'éclateur fixe au filament comme si le verre n'était pas là. Ensuite, dans l'obscurité, on notera de magnifiques lueurs et des effluves violets qui sinueront au gré de l'inclinaison de l'ampoule.

Pour conclure, précisons que la machine de Van de Graaff est un bel outil scientifique qui permet de se familiariser avec la haute tension en favorisant de spectaculaires expériences. Telle qu'elle est décrite, elle fera un long usage pour peu que, de temps en temps, on démonte le tapis roulant et les montants pour les nettoyer minutieusement à l'alcool. Faute de quoi, les poussières ambiantes se répartiront sur les surfaces actives, attirées elles aussi par le champ électrique, et en diminueront le rendement. C'est pourquoi nous n'avons pas définitivement collé le montant avant, maintenu seulement par de simples rubans adhésifs.

Nous ne doutons pas que certains de nos lecteurs apporteront des améliorations à ce montage, comme ce fut le cas pour la machine de Wimshurst ; nous pourrions même dire qu'il est conçu pour être facilement perfectible et nous ne manquerons pas de publier les photos des meilleures réalisations.

Renaud de La Taille
Modèle Pierre Courbier

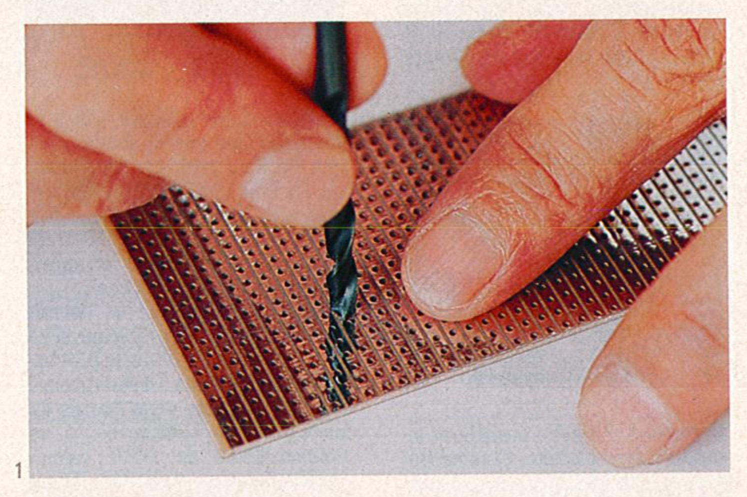
Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur le câblage

ÉLECTRONIQUE AMUSANTE

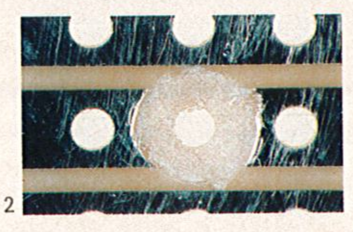
D'une manière générale, les montages que nous vous proposons dans cette rubrique restent relativement simples à réaliser, notamment en raison du faible nombre de composants qu'ils comportent. Néanmoins, il reste indispensable de les câbler. A en juger par l'abondant courrier de lecteurs que nous recevons régulièrement, il semble que cette phase reste celle qui pose encore le plus de problèmes. Si nous avons choisi comme support de montage des plaquette de câblage perforées munies de bandes conductrices c'est, d'une part, parce qu'il s'agit là d'un type de plaquette très répandu dans le commerce, et donc disponible chez la quasi-totalité des détaillants de composants électroniques, et, d'autre part, que la réalisation d'un circuit ne requiert dans ce cas aucun outillage particulier. Cela dit, encore faut-il les utiliser correctement et prendre conscience qu'elles peuvent vous jouer quelques tours conduisant au mauvais fonctionnement d'une réalisation, voire à la destruction de certains composants. La coupure de chaque bande conductrice devra donc être effectuée avec soin et contrôlée avant toute autre opération.

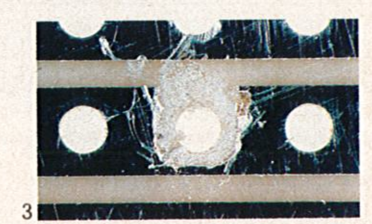
Une fois la plaquette ainsi préparée vient la réalisation des soudures. Bien des composants, les résistances notamment et certains condensateurs, ne présentent pas de polarité particulière et peuvent donc indifféremment être câblés soit dans un sens, soit dans l'autre par rapport à l'alimentation du montage. D'autres tels que diodes, transistors ou circuits intégrés possèdent un brochage particulier qui doit être impérativement respecté, mais nous reviendrons sur ce point un peu plus loin. Réaliser une bonne soudure est aussi important que bien préparer la plaquette de câblage. Pour cela, dans les deux séries de photos qui suivent, nous vous présentons ce qui doit être fait et... ce qui doit être évité. Nous avions déja présenté de tels conseils en 1977, peut-être de manière un peu moins détaillée certes, mais, surtout, les années ayant passé, nos nouveaux adeptes de l'électronique n'ont jamais eu l'occasion d'en prendre connaissance.

● Photo 1. Pour réaliser la coupure d'une bande, le plus simple est d'utiliser un foret à métaux d'un diamètre d'environ 5 mm. Sa pointe sera calée dans un trou puis on le fera tourner à la main, doucement et sans trop appuyer, dans le sens des aiguilles d'une montre. La bande conductrice se décollera alors sous forme de copeaux.


1

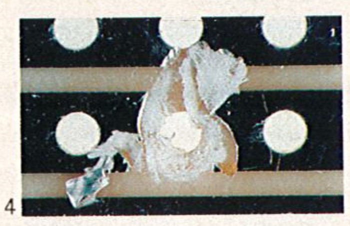
● Photo 2. Dès que le trou aura atteint une largeur suffisante, celle-ci sera alors parfaitement coupée. Aucun contact électrique n'existe entre les parties de bandes séparées par le trou...

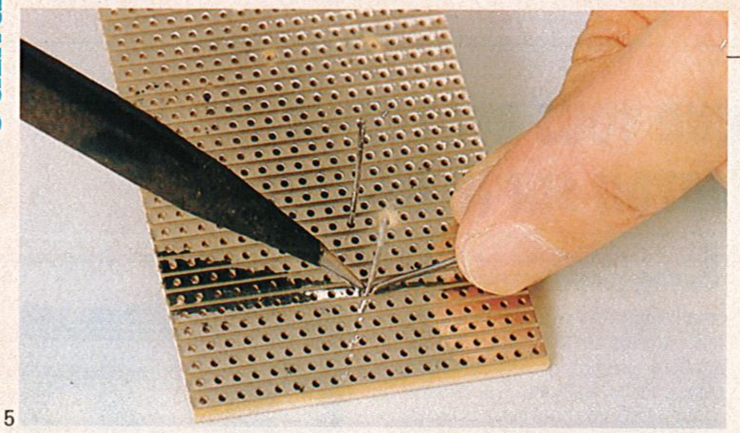

2


3

● Photo 3. ... Mais attention, si cette dernière opération est réalisée trop rapidement, ou sans appuyer assez fort sur le foret, il se peut qu'une mince partie de bande, volontairement exagérée sur cette photo, subsiste et annule vos efforts.

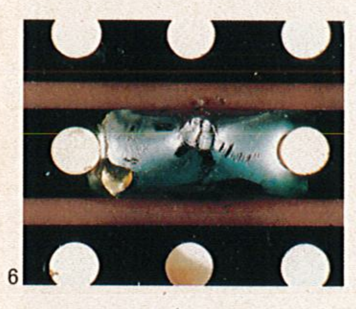
● Photo 4. Inversement, ne vous énervez pas et pratiquez toujours la coupure des bandes avec calme. Ici, le foret a été appuyé trop violemment et pas assez tourné. Résultat : des copaux subsistent et viennent établir des contacts parasites avec les bandes adjacentes.


4



5

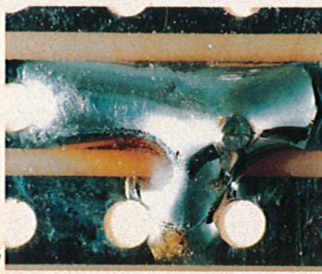
● Photo 5. Pour réaliser une bonne soudure, il ne faut jamais tenter de déposer celle-ci sur la panne du fer, puis tenter de l'appliquer sur le circuit. Il faudra, au contraire, s'assurer en premier lieu que la patte du composant est bien en place puis caler la panne du fer contre celle-ci, ainsi que sur la bande de la plaquette. Enfin, le fil d'étain-plomb sera mis en contact avec le fer.



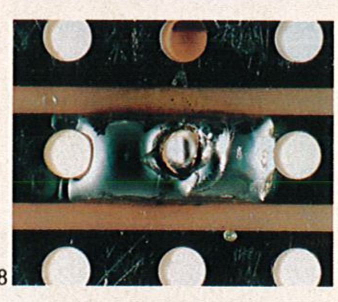
6

● Photo 6. Il fondra aussitôt et la soudure sera parfaite. Comme on peut le voir, elle englobera bien la patte du composant et s'étalera également sur la longueur de la bande conductrice. En aucun cas elle ne devra former une petite bille.

● Photo 7. Méfiez-vous des fers équipés d'une panne trop large. Bien qu'effectuée avec soin, la soudure peut être "trop généreuse" et, comme ici, déborder d'une bande sur l'autre et, à nouveau, établir un contact parasite.



7

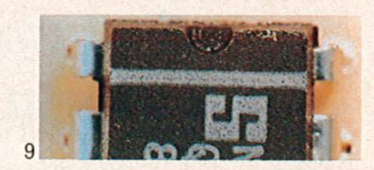


8

● Photo 8. Ne touchez pas à la plaquette tant que la soudure est chaude. Pour refroidir elle demande environ une seconde. En cas contraire, le composant peut glisser et, dans ce cas, le contact n'est plus établi avec sa patte ; on appelle cela une soudure "sèche".

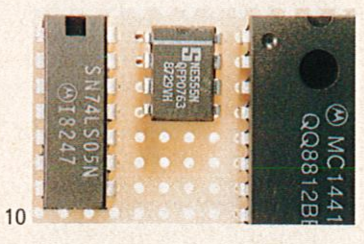
A présent, le câblage ne devrait plus vous poser de problème, si ce n'est en ce qui concerne le brochage des composants. Observons-le à son tour. Comme nous l'avons dit plus haut, les résistances et les condensateurs de faible valeur, c'est-à-dire d'une capacité inférieure à 2 microfarads, ne présentent pas de polarité particulière. Il n'en va pas de même pour ceux de valeur supérieure, condensateurs chimiques, ou pour les composants dits actifs tels que circuits intégrés, diodes en tout genre ou transistors, qui, pour fonctionner, demandent soit que le courant les traverse dans un sens bien précis, soit qu'ils possèdent un brochage particulier ; chacune de leurs pattes correspond à une fonction particulière.

Dans la plupart de nos montages, nous utilisons des circuits intégrés. Leurs dimensions ainsi que le nombre de pattes qu'ils comportent peuvent varier, mais pour éviter de se perdre lors de leur mise en place sur le circuit ils possèdent tous un repère.



9

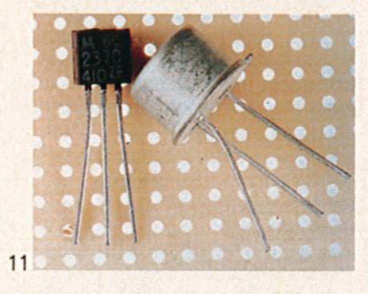
● Photo 9. Une encoche située à l'une des extrémités de leur boîtier permet de repérer la position de la patte n° 1. Ensuite, les pattes seront numérotées en les comptant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.



10

● Photo 10. Sur certains circuits, un point, placé juste à côté de la patte nx1, confirme sa position. Nous compterons ensuite en descendant sur le côté gauche de 1 à 4 puis en remontant sur le côté droit de 5 à 8. De même, on comptera de 1 à 7 puis de 8 à 14 sur les circuits comportant un plus grand nombre de pattes, voire de 1 à 12 et de 13 à 24 ou de 1 à 24 et de 25 à 48 pour les plus grands.

Les transistors doivent être également câblés en respectant l'ordre de leurs pattes. Cependant, ici, le problème reste plus simple puisqu'ils n'en comportent que trois. En fait, nous utiliserons essentiellement trois types de transistors.

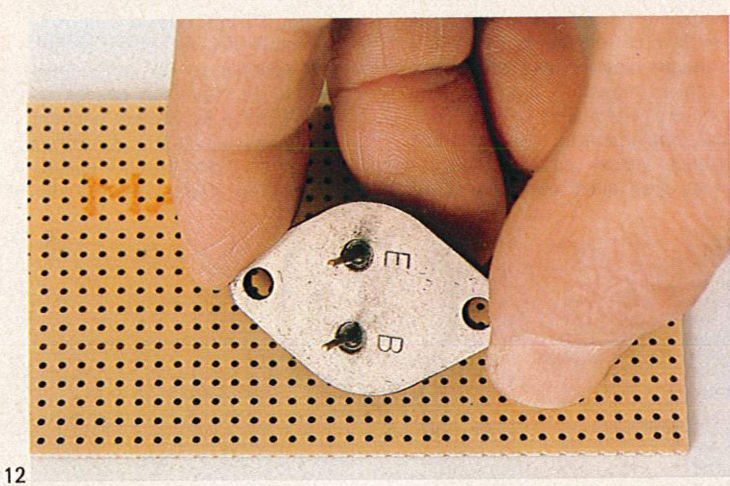


11

● Photo 11. Pour les petites puissances les transistors comportent trois fils distincts sortant du boîtier. Ce dernier comporte soit un méplat, soit un ergot. Si on regarde le transistor méplat placé vers soi, les fils, de gauche à droite, correspondront respectivement au col-

lecteur (C), à la base (B) et à l'émetteur (E).

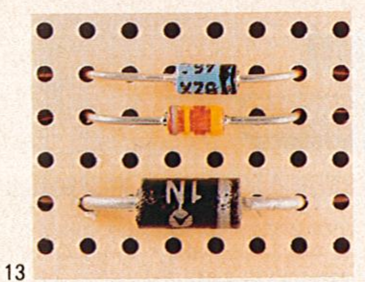
Pour les boîtiers métalliques, l'ergot indique la position de l'émetteur. La base restera toujours au centre et le collecteur sera diamétralement opposé à l'émetteur. Sur notre photo l'ordre des pattes est donc identique pour les deux transistors. Attention, notons que sur les transistors équipés de boîtier métallique celui-ci est électriquement en contact avec le fil du collecteur. Encore une source de contacts parasites si un autre composant le touche.



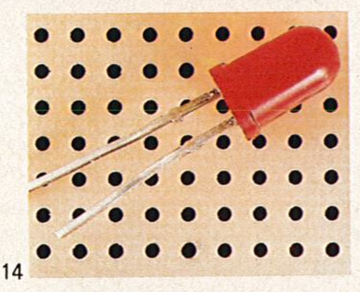
12

● Photo 12. Dès que nous devrons commander des courant d'intensité plus importante, nous aurons recours aux transistors de puissance. Ces derniers ne comportent que deux pattes. L'une correspond à la base, l'autre à l'émetteur. Cette indication est, le plus souvent, portée en clair sur le boîtier. En cas contraire, il est facile de les distinguer. En effet, ces deux cosses ne sont pas placées sur l'axe de symétrie de la longueur du boîtier, mais légèrement au-dessus. Si on laisse la partie la plus grande du boîtier par rapport aux pattes vers le bas, les cosses seront dans l'ordre base-émetteur. Le contact du collecteur sera prélevé sur le boîtier directement par l'intermédiaire d'une cosse à souder boulonnée sur l'un des trous.

● Photo 13. Les diodes ne comportent que deux connexions, mais possèdent également une polarisation à respecter. Une bague de couleur nettement différente de celle

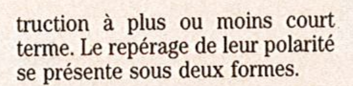

13

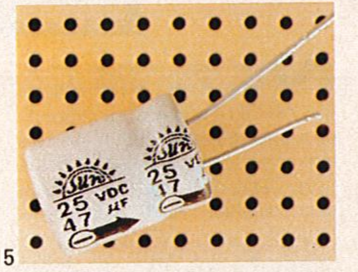
du boîtier est placée à l'une des extrémités de ce boîtier. Celle-ci indique le fil correspondant à la cathode.


14

● Photo 14. Une exception, les diodes électroluminescentes, car, elles aussi, bien qu'elles soient utilisées en substitution de petites ampoules électriques, ont une polarité à respecter. Leur patte la plus longue doit toujours être orientée vers le plus de l'alimentation. En cas contraire, bien que cela ne nuise généralement pas à la diode, cette dernière reste désespérément éteinte.

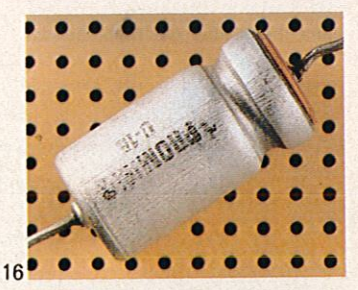
Pour les condensateurs chimiques également la polarité doit être respectée avec soin. Ici attention, toute inversion provoque leur des-


truction à plus ou moins court terme. Le repérage de leur polarité se présente sous deux formes.

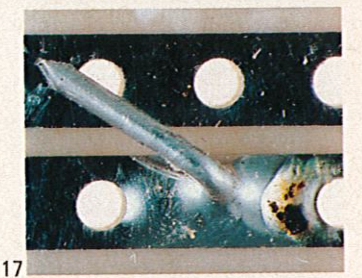


15

● Photo 15. Pour les condensateurs dits à implantation radiale, c'est-à-dire ceux dont les deux fils sortent du même côté, le moins est repéré par une inscription sur le boîtier.


16

● Photo 16. Les condensateurs à implantation radiale possèdent un fil à chaque extrémité. Une gorge indique le fil correspondant au plus.


17

● Photo 17. Enfin, avant de mettre votre montage sous tension, vérifiez que tous les fils des composants ont bien été coupés au ras des soudures. Une patte trop longue peut se replier et établir un contact parasite entre deux bandes.

Si vous suivez attentivement tous ces conseils, câbler devrait devenir pour vous un jeu d'enfant.

Henri-Pierre Penel



Exocet

INFORMATIQUE AMUSANTE

Nous vous proposerons ce mois-ci un jeu d'animation du type "jeu d'arcades" ; son principe repose sur la rapidité. Vous êtes aux commandes d'un navire démineur. Cependant, des Exocet viennent troubler votre tranquillité. Equipés d'une tête chercheuse et entrant les uns après les autres dans vos eaux, à savoir les bords de l'écran, ils se dirigeront inexorablement vers vous afin de couler votre bâtiment. Seule riposte possible, larguer des bouées-leurres sur leur trajectoire. Mais attention, la mise à flot des bouées demande une certaine préparation. Il est donc impossible de les lâcher en salves. A vous donc de les utiliser de façon pertinente et, surtout, de bien placer votre bateau de manière que la trajectoire de l'Exocet passe sur la bouée. Si tel est le cas, ce dernier sera détruit avant de vous avoir atteint, en cas contraire, dans la majeure partie des cas, il vous aura coulé avant que vous ayez eu le temps de larguer une deuxième bouée. But du jeu : résister le plus longtemps possible à l'attaque répétée des Exocet. A ce propos, rappelons que le nom donné à ce type de missile de combat, conçu pour se déplacer à très grande vitesse en effleurant les flots, n'est autre que celui d'une race de poissons volants.

Pour commander les déplacements de votre navire, vous devrez utiliser les quatre flèches de déplacement du curseur. Le largage des bouées sera activé dès que vous appuyerez simultanément sur l'une des touches de déplacement et sur la touche centrale marquée "COPY". Cela dit, passons maintenant à l'écriture de notre programme.

En premier lieu, nous demanderons à l'Amstrad de fonctionner en mode 1 ; c'est-à-dire d'afficher 40 caractères, ou symboles, par ligne d'écran. Ensuite, nous redéfinirons l'ensemble des symboles graphiques nécessaires au fonctionnement du jeu. Notons ici que les bateaux comme les Exocet peuvent évoluer suivant quatre directions différentes, c'est pourquoi chaque symbole, ou groupe de symboles

```
10 MODE 1
20 CLEAR
30 REM  **************************
40 REM *                         *
50 REM * REDEFINITION DES SYMBOLES *
60 REM *         GRAPHIQUES.      *
70 REM *                         *
80 REM  **************************
90 SYMBOL AFTER 130
100 SYMBOL 131,16,25,30,24,16,16,124,254
110 SYMBOL 132,0,0,125,254,125,0,0,0
120 SYMBOL 133,0,0,190,127,190,0,0,0
130 SYMBOL 134,20,8,28,28,28,28,28,8
140 SYMBOL 135,16,56,56,56,56,56,16,40
150 SYMBOL 136,63,66,153,189,189,153,66,63
160 SYMBOL 137,240,12,130,249,249,130,12,240
170 SYMBOL 138,7,56,65,159,159,65,56,7 .
180 SYMBOL 139,252,66,153,189,189,153,66,252
190 SYMBOL 140,24,36,66,90,90,153,153,189
200 SYMBOL 141,189,195,153,189,189,153,66,60
210 SYMBOL 142,60,66,153,189,189,153,195,189
220 SYMBOL 143,189,153,153,90,90,66,36,24
230 SYMBOL 144,20,120,19,228,24,126,195,60
240 REM  **************************
250 REM *                         *
260 REM * DEFINITION DE L'ENVELOPPE *
270 REM *   DU SON DE L'EXPLOSION.  *
280 REM *                         *
290 REM  **************************
300 ENV 1,1,15,1,5,-1,20,10,-1,20
310 REM  **************************
320 REM *                         *
330 REM * DONNEES DE L'ANIMATION DE *
340 REM *  LA PAGE DE PRESENTATION. *
350 REM *                         *
360 REM  **************************
370 DATA 0,1,1,1,0,1,0,1,0,1,1,0,0,0,1,0,0,0,
0,0,0,0,0,0,0
380 DATA 1,1,0,1,1,0,0,1,0,0,1,1,0,1,1,0,0,0,
0,0,0,0,0,0,0
390 DATA 0,1,1,1,0,1,0,0,0,1,0,1,1,1,0,0,0,0,
0,0,0,0,0,0,0
400 DATA 0,1,1,1,0,1,0,0,0,1,1,0,0,0,1,0,0,0,
0,0,0,0,0,0,0
410 DATA 0,1,1,1,0,1,0,1,0,1,1,0,0,0,1,0,0,0,
0,0,0,0,0,0,0
420 DATA 1,0,0,0,0,1,1,1,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0,
0,0,0,0,0,0,0
430 REM  **************************
440 REM *                         *
450 REM *   PAGE DE PRESENTATION.   *
460 REM *                         *
470 REM  **************************
480 RESTORE 370
490 FOR I=5 TO 9
500 LOCATE 40,I:PRINT CHR$(131)
510 NEXT I
520 FOR I=2 TO 39
530 IF I>4 AND I<34 THEN READ X1:READ X2:READ
 X3:READ X4:READ X5
540 LOCATE I,5:PRINT " ";CHR$(133):IF I>4 AND
 X1=1 THEN LOCATE I,5:PRINT CHR$(131)
550 LOCATE I,6:PRINT " ";CHR$(133):IF I>4 AND
 X2=1 THEN LOCATE I,6:PRINT CHR$(131)
560 LOCATE I,7:PRINT " ";CHR$(133):IF I>4 AND
 X3=1 THEN LOCATE I,7:PRINT CHR$(131)
570 LOCATE I,8:PRINT " ";CHR$(133):IF I>4 AND
 X4=1 THEN LOCATE I,8:PRINT CHR$(131)
580 LOCATE I,9:PRINT " ";CHR$(133):IF I>4 AND
 X5=1 THEN LOCATE I,9:PRINT CHR$(131)
590 NEXT I
600 SOUND 1,915,0,0,1,0,25
610 SOUND 2,900,0,0,1,0,30
620 FOR I=5 TO 9
630 LOCATE 40,I:PRINT CHR$(144)
640 NEXT I
650 FOR T=1 TO 1000:NEXT T
660 FOR I=5 TO 9
670 LOCATE 40,I:PRINT "*"
680 NEXT I
690 FOR T=1 TO 100:NEXT T
700 FOR I=5 TO 9
710 LOCATE 40,I:PRINT "."
720 NEXT I
730 FOR T=1 TO 200:NEXT T
740 FOR I=5 TO 9
750 LOCATE 40,I:PRINT " "
760 NEXT I
770 CLEAR
780 REM  **************************
790 REM *                         *
800 REM *       DEBUT DU JEU.       *
810 REM *                         *
820 REM  **************************
830 DIM B(40,25)
840 LET DB=0:LET DE=0
850 LET XB=19:LET YB=12
860 CLS
870 LET LB=0
880 LET DPE=INT(RND*2)
890 LOCATE XB,YB:PRINT "  "
900 LOCATE XB,YB+1:PRINT " "
910 :LET LB=0
920 REM  **************************
930 REM *                         *
940 REM *   TIRAGE ALEATOIRE DE LA  *
950 REM * POSITION DE DEPART EXOCET *
960 REM *                         *
970 REM  **************************
```

pour le bateau, sera défini quatre fois. Nous définirons de même un symbole pour la représentation des bouées et un pour simuler l'explosion. Afin d'accompagner cette dernière d'un effet sonore, nous devrons également définir une enveloppe sonore. Dès lors, nous pourrons commencer notre animation.

En premier lieu, nous ferons afficher à l'ordinateur une page de présentation. Afin de pouvoir inscrire le mot EXOCET sur l'écran à l'aide des bouées, nous mémoriserons la position de chacune d'entre elles à l'aide de chaînes DATA. L'animation de cette page de présentation sera, ensuite, assurée par des boucles FOR... NEXT et se terminera par la simulation de l'explosion des Exocet.

Le jeu peut alors débuter. Afin de mémoriser la position de largage de chaque bouée, nous créerons un tableau de mémorisation comportant un nombre de cases identique à celui du nombre de caractères venant à s'inscrire sur l'écran. Puis nous initialiserons les variables concernant les directions de déplacement du bateau et des Exocet. Les coordonnées de départ du bateau seront fixées de manière que ce dernier se trouve au centre de l'écran en début de jeu. De même, nous déterminerons les coordonnées de départ de l'Exocet. Ici, il démarrera toujours de l'un des bords de l'écran mais d'un point fixé de façon aléatoire. Pour vous permettre de déplacer le bateau, le programme viendra examiner la position des touches de déplacement du curseur. En fonction de leur état, enfoncées ou non, les coordonnées du navire seront modifiées. Il sera alors affiché à son nouvel emplacement. Afin que l'Exocet donne l'impression de le poursuivre, le programme fera évoluer la position de ce dernier en fonction de ses nouvelles coordonnées X et Y. Comme précédemment, une fois ce test effectué l'Exocet sera représenté. Notons que dans les deux cas l'orientation des graphiques sera cohérente avec la direction de déplacement. Nous aurons donc à chaque fois 4 lignes pour l'affichage de l'un des symboles graphiques ; chacune d'entre elles étant précédée d'un test concernant la direction de déplacement. Une dernière animation concernera l'explosion de l'Exocet. Cette explosion n'aura évidemment lieu que s'il touche le navire ou une bouée. Nous afficherons donc sur la position qu'il occupait sur l'écran le symbole correspondant à l'explosion et l'illus-

```
980 IF DPE=1 THEN GOTO 1030
990 LET XE=1+(38*(INT(RND*2)))
1000 LET YE=1+INT(RND*24)
1010 LOCATE XE,YE:PRINT CHR$(133)
1020 GOTO 1050
1030 LET XE=1+(INT(RND*39))
1040 LET YE=1+(24*(INT(RND*2)))
1050 IF XE=1 THEN LOCATE XE,YE:PRINT CHR$(133
)
1060 IF XE=39 THEN LOCATE XE,YE:PRINT CHR$(13
2)
1070 IF YE=25 THEN LOCATE XE,YE:PRINT CHR$(13
5)
1080 IF YE=1 THEN LOCATE XE,YE:PRINT CHR$(134
)
1090 REM  ***************************
1100 REM *                          *
1110 REM * CONTROLE DES DEPLACEMENTS *
1120 REM *         DU BATEAU.       *
1130 REM *                          *
1140 REM  ***************************
1150 LET YB=YB-(INKEY(0))+(INKEY(2))
1160 LET XB=XB-(INKEY(8))+(INKEY(1))
1170 IF INKEY(8)=0 THEN LET DR=0
1180 IF INKEY(1)=0 THEN LET DR=1
1190 IF INKEY(0)=0 THEN LET DR=2
1200 IF INKEY(2)=0 THEN LET DR=3
1210 IF XB<1 THEN LET XB=1
1220 IF XB>38 THEN LET XB=38
1230 IF YB>24 THEN LET YB=24
1240 IF YB<1 THEN LET YB=1
1250 REM  ***************************
1260 REM *                          *
1270 REM *    AFFICHAGE DU BATEAU.   *
1280 REM *                          *
1290 REM  ***************************
1300 IF DR=1 THEN LOCATE XB,YB:PRINT CHR$(136
);CHR$(137)
1310 IF DR=0 THEN LOCATE XB,YB:PRINT CHR$(138
);CHR$(139)
1320 IF DR=2 THEN LOCATE XB,YB:PRINT CHR$(140
):LOCATE XB,YB+1:PRINT CHR$(141)
1330 IF DR=3 THEN LOCATE XB,YB+1:PRINT CHR$(1
43):LOCATE XB,YB:PRINT CHR$(142)
1340 LET XEP=XE:LET YEP=YE
1350 LOCATE XEP,YEP:PRINT " "
1360 REM  ***************************
1370 REM *                          *
1380 REM *  CALCUL DES DEPLACEMENTS  *
1390 REM *        DE L'EXOCET.      *
1400 REM *                          *
1410 REM  ***************************
1420 IF XE<XB THEN LET XE=XE+1:LET DE=1
1430 IF XE>XB THEN LET XE=XE-1:LET DE=0
1440 IF YE<YB THEN LET YE=YE+1:LET DE=2
1450 IF YE>YB THEN LET YE=YE-1:LET DE=3
1460 LET B(XB,YB)=0
1470 REM  ***************************
1480 REM *                          *
1490 REM *   AFFICHAGE DE L'EXOCET.  *
1500 REM *                          *
1510 REM  ***************************
1520 LOCATE XE,YE
1530 IF DE=0 THEN PRINT CHR$(132)
1540 IF DE=1 THEN PRINT CHR$(133)
1550 IF DE=2 THEN PRINT CHR$(134)
1560 IF DE=3 THEN PRINT CHR$(135)
1570 IF (XE=XB AND YE=YB).OR B(XE,YE)=1 THEN
GOTO 1670
1580 LOCATE XB,YB:PRINT "  "
1590 LOCATE XB,YB+1:PRINT " "
1600 IF INKEY(9)=0 THEN GOSUB 1820
1610 GOTO 1150
1620 REM  ***************************
1630 REM *                          *
1640 REM *     EXPLOSION EXOCET.     *
1650 REM *                          *
1660 REM  ***************************
1670 SOUND 1,915,0,0,1,0,25
1680 SOUND 2,900,0,0,1,0,30
1690 LOCATE XE,YE:PRINT CHR$(144)
1700 FOR T=1 TO 1000:NEXT T
1710 IF B(XE,YE)=0 THEN GOTO 10
1720 LET B(XE,YE)=0
1730 FOR T=1 TO 1000:NEXT T
1740 LOCATE XE,YE:PRINT " "
1750 GOTO 880
1760 REM  ***************************
1770 REM *                          *
1780 REM *   SOUS ROUTINE DE LACHE   *
1790 REM *        DES BOUEES.        *
1800 REM *                          *
1810 REM  ***************************
1820 LET LB=LB+1
1830 IF LB<4 THEN RETURN
1840 LET LB=0
1850 IF DR=1 THEN LOCATE XB,YB:PRINT CHR$(131
):LET B(XB,YB)=1
1860 IF DR=0 THEN LOCATE XB+1,YB:PRINT CHR$(1
31):LET B(XB+1,YB)=1
1870 IF DR=2 THEN LOCATE XB,YB+1:PRINT CHR$(1
31):LET B(XB,YB+1)=1
1880 IF DR=3 THEN LOCATE XB,YB:PRINT CHR$(131
):LET B(XB,YB)=1
1890 RETURN
```

tration sonore sera demandée. Dans le cas où une bouée est touchée nous la considérerons comme détruite ; sa position sera donc effacée du tableau de mémorisation.

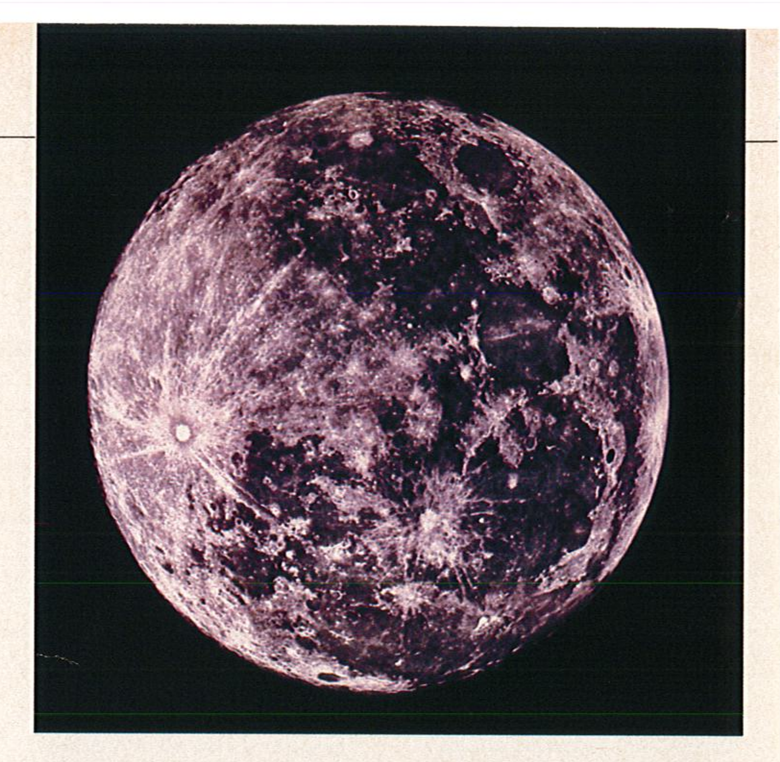
Enfin une sous-routine sera utilisée pour assurer le largage des bouées. D'une part, elle assurera leur présentation sur l'écran et, d'autre part, la mémorisation de leur position dans le tableau destiné à cet effet.

La frappe de ce programme ne doit pas poser de problème particulier. Rappelons toutefois qu'il a été étudié pour fonctionner sur Amstrad 464. Bien que le basic utilisé soit relativement standard, il est possible que quelques modifications doivent lui être apportées pour l'adapter sur d'autres machines. Précisons donc que MODE indique à l'Amstrad le nombre de caractères qu'il doit afficher par ligne d'écran : 20, 40 ou 80. SYMBOL permet de redéfinir les caractères graphiques. ENV détermine l'évolution de l'intensité du son dans le temps, l'enveloppe sonore. LOCATE indique l'emplacement de l'affichage d'un caractère sur l'écran en positions X,Y. INKEY (x) prend la valeur 0 lorsque la touche x est enfoncée, en cas contraire il vaut -1 ; enfin, SOUND commande le générateur de sons.

L'utilisation de ce programme est également très simple. Après l'avoir entièrement tapé et avoir demandé RUN, la page de présentation s'affiche à l'écran. Dès que celle-ci s'efface, la main est à vous. Précisons qu'il est possible d'appuyer simultanément sur plusieurs touches de manière à déplacer le navire en diagonale tout en larguant des bouées.

Toutefois, si vous demandez deux directions de déplacement opposées en même temps il est bien évident que rien ne se passera. Dès que l'Exocet aura été détruit par une bouée, un nouveau surgira de l'un des bords de l'écran. S'il parvient à vous couler, le programme reviendra à la page de présentation. Nous n'avons pas jugé utile de munir ce programme d'un compteur de score. Cependant, si tel est votre souhait il vous sera facile d'en adapter un en vous inspirant de ceux présentés dans de nombreux programmes que nous avons déjà publiés.

Henri-Pierre Penel



Plein feu sur la pleine lune !

JOURNAL DE L'ASTRONOME

Voyez : la Lune monte à travers ces ombrages,
Ton regard tremble encore, belle reine des nuits,
Mais du sombre horizon, déjà tu te dégages
Et tu t'épanouis.

Ces vers d'Alfred de Musset ne sont qu'un faible aperçu des innombrales poésies et textes que notre satellite a inspirés aux poètes et aux écrivains. Aucun astre, en effet, n'a autant eu de répercussion dans la littérature. Qui peut dire qu'il est resté insensible à une belle nuit éclairée par la douce clarté lunaire ?

Le regard de l'astronome amateur est quelque peu différent. Les diverses phases de notre satellite sont suivies avec attention au travers des lunettes et des télescopes, pour explorer la grande variété des paysages lunaires. Mais lorsque la Lune est pleine, l'amateur généralement s'en désintéresse car aucun relief n'est visible ; il est exact que les instruments ne sont alors que d'un bien maigre intérêt. Délaissons les appareils et observons la pleine lune à l'œil nu.

L'exercice le plus simple consiste à la dessiner. Le résultat sera révélateur à la fois de l'habileté de l'observateur et de son imagination. En fait, ce dessin se résumera à la disposition des différentes étendues plus ou moins sombres, qu'on désigne en géographie lunaire comme "mers" ou "océans". La comparaison du résultat avec une carte de la Lune permettra d'évaluer l'impartialité de l'observateur. C'est là un exercice recommandé aux débutants pour se familiariser avec le dessin planétaire, si utile par la suite pour noter les variations d'aspect des surfaces de planètes, comme Mars ou Jupiter.

La tête de femme. Mais souvent, se laissant emporter par l'imaginaire, le néophyte aura dessiné une Lune ressemblant vaguement à un visage. Il suffit d'explorer les œuvres d'artistes pour s'en convaincre. Certains y voient un homme portant un fagot, un lièvre, un lion, un kangourou, une faucille, deux têtes qui s'embrassent, une tête de femme. Camille Flammarion fit, en 1900, une enquête à ce sujet et trouva près de 60 représentations diverses de la pleine lune !

L'expérience du dessin pourra être renouvelée aux pleines lunes

suivantes, l'observateur constatant que son acuité s'affine. On continuera ce travail en observant notre satellite au moyen d'une paire de jumelles de grossissement de 7 à 10. L'opération deviendra un peu plus délicate, car des détails supplémentaires sont alors visibles. C'est le meilleur entraînement au dessin astronomique qui soit.

Enfin, on pourra tenter l'exercice avec une lunette ou un télescope. Le grossissement choisi devra montrer la Lune en entier. Selon le champ apparent de l'oculaire, il se situera dans la fourchette de 60 à 150 fois. Mais alors surgira un problème : celui de la luminosité de l'image. En effet, observée au moyen d'un instrument et en entier, la pleine lune est véritablement éblouissante, à tel point qu'on peut même projeter son image sur un écran placé derrière l'oculaire, comme on le fait avec le Soleil. A la différence de ce dernier, l'éblouissement lunaire n'est pas dangereux ; il est simplement gênant. Après une observation prolongée, l'œil conserve une tache noire pendant plusieurs minutes, mais sans conséquence pour la vue, pas plus qu'un éclair de flash. Toutefois, pour éviter ce désagrément, l'observateur aura intérêt à équiper l'oculaire d'observation d'un filtre. Beaucoup d'instruments d'initiation sont d'ailleurs livrés à cet effet avec un filtre dit lunaire. Il s'agit d'un verre teinté, en général vert foncé, placé dans une monture métallique et qui se visse à l'avant de l'oculaire. On peut trouver désagréable une Lune en vert. Il faut savoir qu'il existe d'autres filtres, dits neutres, ne changeant pas la coloration naturelle de l'image. Le mieux est le filtre polarisant qui n'altère pas les couleurs ; de plus, en vissant deux filtres de ce type l'un sur l'autre, on peut exactement doser la quantité de lumière, depuis une réduction de 20 % jusqu'à l'extinction quasi totale.

A l'horizon. Chacun a pu constater que, lorsque la pleine lune se lève, elle paraît plus grosse à l'horizon que quelques heures plus tard, quand elle culmine. C'est une des plus belles illusions qui soient. En réalité, il n'en est rien. Ce phénomène est connu depuis la plus haute antiquité. Les Anciens l'avaient expliqué par un effet de loupe de l'atmosphère terrestre. C'est faux : notre atmosphère ne grossit pas les astres, ce serait plutôt l'inverse, puisque la réfraction atmosphérique tend à écraser les objets. Il suffit, pour s'en convaincre, de regarder le Soleil à l'horizon.

D'autres hypothèses ont été avancées. Gassendi, au XVII[e] siècle, prétendit que, la Lune étant moins lumineuse à l'horizon, la pupille de l'œil était dilatée, d'où ce grossissement artificiel. C'est tout aussi inexact, comme le fait que la position de la tête de l'observateur en serait la cause. Dans ce cas, les objets sembleraient plus petits lorsqu'on relève la tête.

En fait, la meilleure explication est encore celle de Delauney, qui fait remarquer que, lorsque la Lune est à l'horizon, nous avons des points de repère (maisons, arbres, collines...) pour juger de sa dimension, alors que, quand elle est haute dans le ciel, nous n'avons plus de point de repère. Le cerveau est, en quelque sorte, piégé par nos habitudes de vision. D'ailleurs, la Lune n'est pas la seule affectée par cette illusion ; cela se produit aussi avec le Soleil ou des constellations, comme la Grande Ourse.

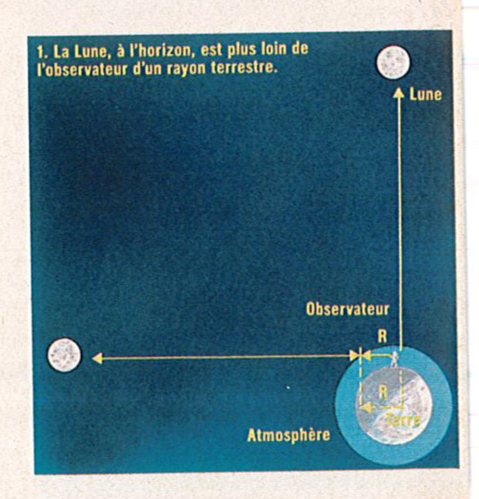
Si vous n'êtes pas entièrement convaincu, faites l'expérience suivante : au moyen d'une règle graduée tendue à bout de bras, mesurez le diamètre de la Lune à l'horizon, puis lors de sa culmination. Vous constaterez que les deux mesures sont identiques ! Quant à la prétendue influence de l'atmosphère, il est facile de comparer deux photographies réalisées le même soir, l'une prise à l'horizon, l'autre au maximum de la hauteur, pour s'apercevoir que l'appareil photo ne s'est pas laissé "piéger", ce qui aurait dû être en cas de phénomène optique.

En poussant les choses plus loin, on doit admettre que, en fait, la Lune est plus grosse lorsqu'elle est haute que lorsqu'elle est à l'horizon, cela s'explique par la position de l'observateur, non au centre de la Terre mais à sa surface. Ainsi, quand on regarde l'astre à l'horizon, la distance qui nous en sépare est plus longue d'un rayon terrestre que lorsqu'il est au zénith. La distance étant plus importante, son diamètre apparent est plus petit. Une simple mesure au moyen d'une lunette équipée d'un oculaire gradué permet de s'en convaincre. La différence de diamètre peut atteindre, dans les conditions optimales, trente secondes d'arc (***figure 1***). Quant à la couleur de la Lune à l'horizon, elle dépend de la transparence de l'atmosphère. Si celle-ci est très pure, la quasi-totalité du rayonnement lunaire la traverse et la pleine lune est claire, de couleur gris perle. Si, en revanche, l'atmosphère est riche en poussières, ce qui est souvent le cas, elle joue le rôle de filtre qui arrête la partie bleue et verte de la lumière ; la Lune nous apparaît alors jaune, orangée, voire rougeâtre. Le Soleil, bien rouge certains soirs à son coucher ou à son lever, est affecté par le même phénomène.

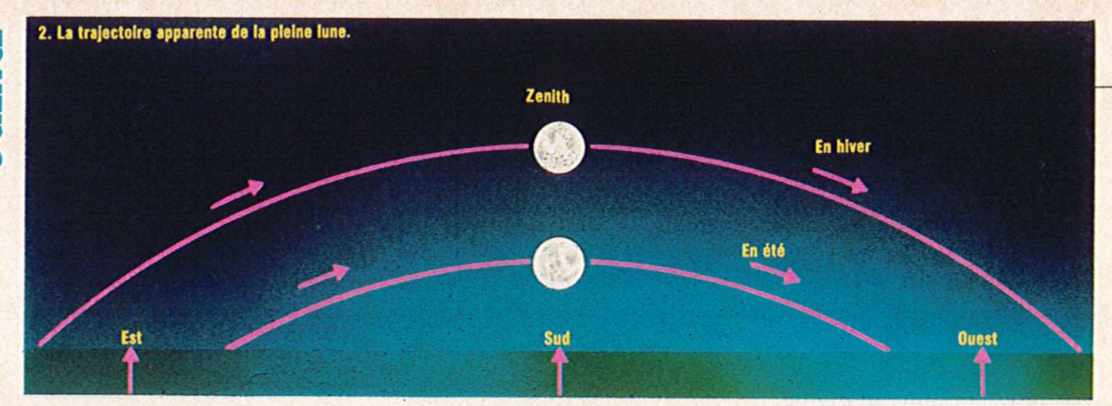
Les différentes pleines lunes. La pleine lune illumine la nuit. Dans les traditions populaires, cet apport de lumière a été perçu comme une action bienfaisante, en raison de l'économie d'éclairage ou de la possibilité d'effectuer certains travaux à l'extérieur.

Ainsi, la pleine lune la plus proche de l'équinoxe d'automne est appelée Lune des moissons, qui se produit en septembre ou en octobre ; cette année, elle a lieu le 4 octobre. Si le terme de moissons peut surprendre en octobre, il faut l'interpréter comme un travail des champs, quel qu'il soit.

A cette période de l'année, le Soleil se couche approximativement aux alentours de 18 heures et la Lune se lève, bien entendu, au même instant et ce pendant plusieurs soirs de suite. Cela provient du fait que la déclinaison de la pleine lune automnale augmente cha-



1. La Lune, à l'horizon, est plus loin de l'observateur d'un rayon terrestre.



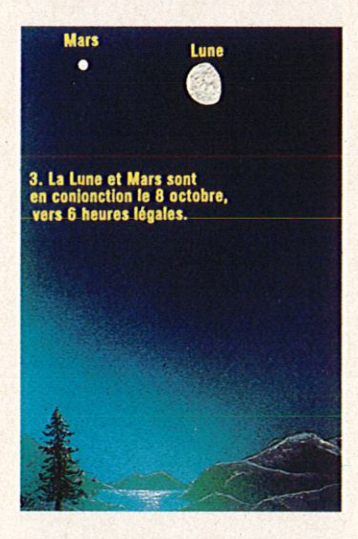
2. La trajectoire apparente de la pleine lune.

que jour au lieu de diminuer, ce qui donne une Lune qui monte haut dans le ciel et qui brille de son maximum d'éclat, et cela pendant longtemps. Elle semble donc prendre le relais du Soleil qui se couche, en offrant un supplément de lumière aux cultivateurs qui peuvent, ainsi, poursuivre tardivement les travaux des champs avant que la saison froide et pluvieuse ne les en empêche tout à fait.

La pleine lune de novembre est appelée Lune fraîche, évidemment en raison de la température nocturne qui devient assez basse, mais aussi Lune des castors, car cet animal connaît en novembre un regain d'activité nocturne, en vue de l'hiver qui approche.

En 1990, la pleine lune de novembre étant aussi celle qui suit la Lune des moissons, elle portera également le nom de Lune des chasseurs. Les champs et les prairies ayant été moissonnés et préparés pour l'hiver, les renards et autres gibiers qui sortent la nuit sont facilement repérables par les chasseurs et braconniers sous l'éclairage lunaire !

La pleine lune proche du solstice d'hiver, haute sur l'horizon, brille très longtemps, du coucher au lever du Soleil, soit plus de quinze heures. C'est ce qui lui a valu le surnom de pleine lune de la longue nuit, puisqu'elle se produit à la période de l'année où, dans l'hémisphère boréal, les nuits sont les plus longues (***figure 2***). Mais décembre 1990 est un mois exceptionnel, car nous y observerons deux pleines lunes en un mois : la première le 2 décembre, la seconde le 31. Cela se produit à peu près tous les trois ans. Les Américains appellent la deuxième pleine lune en un même mois la Lune bleue, à l'origine d'une expression "une fois à la Lune bleue" qui signifie "rarement". Quant à l'origine du qualificatif "bleue" en parlant de la Lune, cela provient probablement du fait que voir véritablement la Lune colorée en bleu est extrêmement rare ; d'ordinaire, elle tire plutôt sur le jaune ou l'orangé. On relate toutefois que, après l'éruption du volcan indonésien Krakatoa, en 1883, on put observer une lune bleue...



3. La Lune et Mars sont en conjonction le 8 octobre, vers 6 heures légales.



4. Le 13 octobre, vers 2 heures légales, la Lune et Jupiter sont au rendez-vous.

Il faut noter au passage que la lunaison moyenne, ou intervalle de temps entre deux phases identiques, est de 29,53 jours. Le mois de février, lors des années bissextiles, a une durée maximale de 29,27 jours ; il ne peut donc jamais y avoir de lune bleue en février.

La pleine lune du 31 décembre sera aussi la dernière de la décennie, car les décennies, comme les siècles ou les millénaires, commencent avec une année se terminant par 1 pour finir avec une année se terminant par 0.

Le 23 janvier 1991, la pleine lune portera le nom de "Vieille Lune", sans doute par opposition à celle aux alentours de Noël qui est considérée comme jeune pleine lune, en rapport avec la naissance du Christ. Celle de février, qui aura lieu le 28, fait référence aux conditions climatiques extrêmes que connaît ce mois. Selon les pays, on l'appelle pleine lune des loups ou de la neige, voire de la faim.

Voici mars et l'équinoxe de printemps. La pleine lune se lève lorsque le Soleil se couche et vice versa. Elle va briller plus de douze heures, mais, alors qu'à l'équinoxe précédent elle se levait tous les jours à peu près à la même heure, en mars il peut y avoir près d'une heure de décalage d'un jour à l'autre. Se référant aux réveils de la nature, on la surnomme pleine lune de la sève, ou, lorsque Pâques a lieu en mars, pleine lune de carême.

Si les Anglo-Saxons appellent la pleine lune d'avril Lune grasse ou Lune des œufs, c'est sans doute parce que la ponte redémarre à cette période et que le carême se termine. En France, la lunaison d'avril après Pâques est appelée Lune rousse, terreur des jardiniers qui lui attribuent la gelée des bourgeons printaniers ; on dit qu'ils

"roussissent". La Lune n'est pour rien dans tout cela. Il s'agit d'une coïncidence. Cela est dû au refroidissement provoqué par le rayonnement nocturne de la Terre vers le ciel, particulièrement intense au printemps quand il n'y a pas de nuages, donc justement quand la pleine lune est bien visible. Si le ciel est couvert la nuit, la température ne s'abaisse pas beaucoup, il ne gèle pas... et la Lune n'est pas visible.

La pleine lune de mai a un surnom en rapport avec les activités rurales de la saison. C'est celle des plantations ou du lait que les vaches vont produire en plus grande quantité que pendant l'hiver.

Juin ne fait pas preuve de plus grande originalité avec la pleine lune des fleurs, également appelée des fraises ou des roses. Il est à noter combien la trajectoire de la Lune décrit un arc de cercle bas sur l'horizon, par opposition à celle d'hiver. Cette position basse lui vaut une couleur dorée, comme le miel. Il y a quelques siècles la majorité des mariages avait lieu en juin et la lunaison qui suivait le mariage était donc surnommée lune de miel, couleur aussi de l'hydromel, ce vin de miel que dans certaines contrées d'Europe on faisait boire aux jeunes époux...

Juillet, partagé entre la fenaison et les orages, donne sa pleine lune des moissons ou du tonnerre, à choisir en fonction du temps et de la date à laquelle elle se produit.

Août fait référence aux récoltes avec la pleine lune des grains.

Ce tour de l'an des pleines lunes se termine avec septembre et la pleine lune des fruits, ce qui se passe de commentaire. Elle aura lieu le 23 en 1991.

Les rendez-vous d'octobre. Mars, de mieux en mieux visible, atteint maintenant les 15 secondes d'arc. Les détails de sa surface doivent être bien visibles dans les instruments d'amateurs. La planète rouge, qui se lève en milieu de soirée, sera en conjonction avec la Lune le 8, vers 6 heures du matin, (***figure 3***).

Le 8, vers 20 heures, maximum de l'essaim des Draconides en liaison avec la comète Giacobinni.

C'est vers 2 heures du matin, le 13, que la Lune et Jupiter seront au plus près. La planète géante, dont le diamètre apparent augmente régulièrement, est visible toute la seconde partie de la nuit (***figure 4***).

La nouvelle lune a lieu le 18. On pourra donc observer la lumière cendrée du 14 au 17 le matin et du 19 au 21 en soirée. A noter deux beaux fins croissants lunaires, à rechercher aux jumelles le 17, vers 7 heures et le 20 vers 17 h 50 (***figure 5***).

Le 16, Mercure et Vénus seront en conjonction serrée, à moins de deux minutes d'arc l'une de l'autre. Malheureusement, le Soleil, situé à 5 degrés seulement du couple, rendra l'observation difficile, à moins de la tenter de jour au moyen d'un instrument équatorial qu'on pointera grâce aux coordonnées.

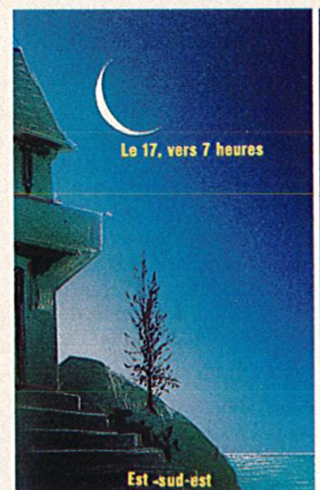
L'essaim des Orionides voit son activité s'étaler du 2 octobre au 7 novembre. Le maximum est prévu pour le 21, vers 6 heures. Cet essaim pourrait être très actif cette année, surpassant peut-être celui des Perséides.

Le lendemain en soirée, vers 18 heures, on remarquera le rapprochement de la Lune avec Antarès. D'Asie ou d'Indonésie, il y aura occultation.

Le trio Saturne, Uranus et Neptune recevra la visite de la Lune dans la soirée des 24 et 25. La planète aux anneaux en particulier ne sera qu'à deux degrés de notre satellite (***figure 6***).

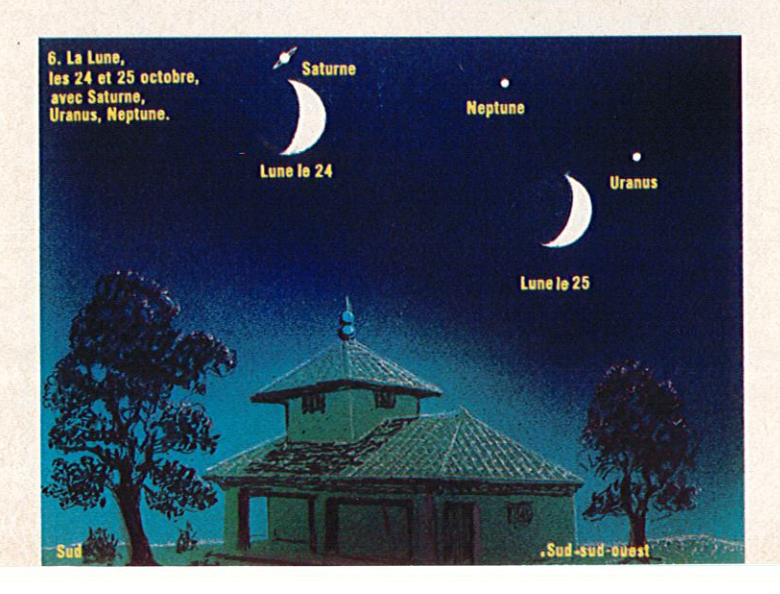
Enfin, novembre débutera par une nouvelle conjonction de Mars et de la Lune, le 4 au petit matin.

Yves Delaye





5. Les fins croissants de Lune du mois d'octobre.



6. La Lune, les 24 et 25 octobre, avec Saturne, Uranus, Neptune.

La Lune, de Pierro Bianucci, un livre récent de 330 pages en vente 225 F + 20 F de port, à La Maison de l'Astronomie, 33 rue de Rivoli, 75004 Paris.

Le bonheur des uns...

JEUX MATHÉMATIQUES

Laurent Benveniste, élève de mathématiques spéciales à Rennes, a remporté le IVᵉ championnat de France des Jeux mathématiques dans la catégorie "grand public".

En même temps qu'il passait les stades successifs du championnat de France, il se présentait au concours d'entrée des grandes écoles scientifiques. Victoire sur toute la ligne, puisqu'il a décroché l'admissibilité à Centrale, aux Mines, à l'X et à Normale Sup (on ne connaît pas encore ses résultats d'admission à l'heure du bouclage). Pourtant, l'année avait mal commencé : des résultats faibles sanctionnaient les devoirs. Alors, Laurent a moins travaillé, a fait des jeux mathématiques, s'est remis au violon, et a obtenu le premier prix de conservatoire...

Emmanuel Dion est le malchanceux de cette finale. Annoncé d'abord premier devant Benveniste, il a dû se contenter de la deuxième place, car un chiffre de Benveniste mal lu par le jury, mais exact, permit au taupin rennais de le coiffer "au temps", c'est-à-dire avec le même score. On pense, compte tenu de la circonstance, que la FFJM lui accordera néanmoins le droit de porter le titre de champion de France.

Voici quatre des jeux-problèmes que les GP et HC eurent à résoudre lors de la finale, pris parmi les plus difficiles. Vous en sortirez-vous ? Question subsidiaire : quel rapport y a-t-il entre la musique et les jeux mathématiques ? **Gilles Cohen**

SOLUTIONS DU N°876

La pyramide de Toutanbheton : 60 m.
Prudence : 108 m.
Mélange détonant : 46 mg.
La spirale triangulaire : 17 823 435.
Julia et Armand : 2 solutions.
A : 2 paquets de CZUR ; 4 boîtes de SMIT ; 20 rouleaux de PSEK.
B : 2 paquets de CZUR ; 5 boîtes de SMIT ; 10 rouleaux de PSEK.

Triple référence

Complétez les trois cadres ci-dessous avec des chiffres de 0 à 6, de façon à rendre vraies les phrases qui s'y trouvent. Il y a moins de "1" dans le cadre A que dans les deux autres, et plus de "3" dans le cadre B que dans les deux autres.

Dans le cadre B, il y a :
... fois le chiffre 0
... fois le chiffre 1
... fois le chiffre 2
... fois le chiffre 3
... fois le chiffre 4
... fois le chiffre 5
... fois le chiffre 6

Dans le cadre C, il y a :
... fois le chiffre 0
... fois le chiffre 1
... fois le chiffre 2
... fois le chiffre 3
... fois le chiffre 4
... fois le chiffre 5
... fois le chiffre 6

Dans le cadre A, il y a :
... fois le chiffre 0
... fois le chiffre 1
... fois le chiffre 2
... fois le chiffre 3
... fois le chiffre 4
... fois le chiffre 5
... fois le chiffre 6

Sont-elles bien battues ?

On dispose d'un jeu de 1990 cartes numérotées dans l'ordre : 3, 5, 7, 9, 11, 13 ... 3981, le 3 étant au-dessus. On prend la carte du haut (numéro 3) puis on la place au rang correspondant à son numéro (ici en troisième position). La même opération est ainsi effectuée 190 fois en tout. Quelle est alors la carte du dessus ?

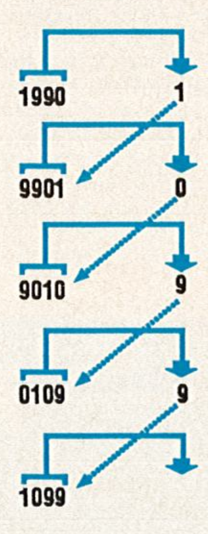
Position de départ : 3 5 7 9 11 13...
Après la 1ère opération : 5 7 3 9 11 13...
Après la 2ᵉ opération : 7 3 9 11 5 13...
Après la 1990ᵉ opération ?

Anti-fibo

On a une suite de nombres réels positifs. Le premier est égal à 1 et chacun est la somme des deux qui le suivent.
On note A le 1990ᵉ et B = 1/A
Dans l'écriture décimale de B, quel est le chiffre qui précède la virgule et quel est le chiffre qui la suit ?

La boucle infernale

Prenez un nombre de 4 chiffres, par exemple 1990. Additionnez le 1er et le 4ᵉ chiffre de ce nombre et prenez le chiffre des unités u du résultat.
Formez ensuite un nouveau nombre de 4 chiffres en plaçant à droite des 3 derniers chiffres du nombre de départ le chiffre u.
Si vous recommencez ce procédé, vous ne retrouverez le nombre 1990 qu'après très exactement 1560 étapes.
Trouvez un nombre de 4 chiffres qui ne soient pas tous pairs, ne commençant pas par un zéro et tel qu'en étirant l'algorithme décrit ci-dessus on retrouve le nombre de départ avant 20 étapes. ▲



PIERRE BERLOQUIN REVIENT

A l'occasion de la sortie du nouveau magazine bimestriel sur le jeu, *Jouer*, prévue pour début novembre, Pierre Berloquin, qui a assuré à *Science & Vie* la rubrique de jeux mathématiques pendant plusieurs années, fait un *come back* dans ce domaine qu'il avait délaissé. Une édition spéciale de *Jouer* admettra, en plus du cahier principal de 120 pages, un cahier spécial de 16 pages consacré aux jeux mathématiques. La rédaction en sera dirigée par Pierre Berlonquin et Gilles Cohen. Pour tout renseignement, vous pouvez vous adresser à la FFJM (47 07 51 15) ou à *Jouer*, 210 rue du Faubourg-Saint-Martin, 75010 Paris.



Etudier, comparer,
c'est le secret pour trouver
les meilleurs logiciels.



Qui va me dire
si l'IBM PS 1 est
vraiment fait pour moi ?



Je me demande si
le nouvel Amstrad
est dans le coup...



Comment bien choisir mon
ordinateur parmi 200 modèles
et 24 constructeurs ?

LIVRES

Sohn et Mary Gribbin

Un pour cent fait la différence

Robert Laffont, 240 p., 125 F.

Ce un pour cent, c'est le total des taux de différences entre notre capital génétique et celui du chimpanzé. Qu'un savant audacieux s'aventure à rectifier les gènes qui font que le chimpanzé en est un, comme le pittoresque Pr Preobrajenski, dans le roman *Cœur de chien*, de Boulgakov, et voilà un homme. Déduction : nous sommes à 99 % des animaux. Déduction de déduction : nos comportements individuels et sociaux sont, dans l'immense majorité, des comportements animaux, soumis à peu près aux mêmes lois que celles des animaux. Comme au Jeu de l'oie, le "déducteur" vient de tomber dans la case "sociobiologie".

Il n'y aurait rien de remarquable à la sociobiologie, n'était qu'elle étudie le comportement animal, l'humain inclus, du point de vue génétique aussi. Induction : « Pourquoi, écrivent les auteurs du livre dont le titre figure ci-dessus, les lions, par exemple, trouvent-ils avantageux, du point de vue de l'évolution, de former des troupes au sein desquelles un ou deux mâles dominent et s'accouplent avec toutes les femelles, alors que les autres mâles n'ont aucune chance de se reproduire ? » Réponse : « C'est au moins en partie en raison de leur capital génétique. »

De la case "sociobiologie", le déducteur vient d'arriver dans celle d'E. O. Wilson, théoricien de la sociobiologie. Selon le case suivante où il parviendra, il paiera une amende ou, au contraire, recevra une récompense. Wilson, en effet, est cet auteur (codisciple du sinistre Skinner dont il est question en pages 70-71 du présent numéro) qui postule que nous disposons « d'un certain nombre de possibilités dont nous héritons génétiquement et qui se trouvent plus ou moins exprimées en fonction de l'environnement dans lequel on vit ». Tel que c'est dit là cela ne ferait pas de mal à une mouche, mais, si on relit attentivement, cela signifie que les individus dont les possibilités ne s'expriment pas aussi bien que celles d'autres individus dans un environnement donné sont génétiquement défavorisés. Entendez par là qu'il serait après tout bien possible, n'est-ce pas ?, qu'il y ait des groupements humains, des ethnies en quelque sorte, suivez mon regard, qui soient défavorisés génétiquement, donc inférieurs en quelque sorte, etc.

On imagine le tollé. Il dure encore, parce qu'il y a des wilsoniens et des antiwilsoniens. Les auteurs se présentent comme des "wilsoniens modérés". C'est comme si l'on se présentait comme un "terroriste modéré". Ce sont deux journalistes scientifiques qui savent très bien de quoi ils parlent, et on ne mettra pas facilement leur érudition en défaut. Notons incidemment que le cas de ce livre est comme celui de tous les livres du genre : le plus intéressant se trouve dans les informations qui servent à étayer les raisonnements. C'est ainsi qu'ils procèdent à un exposé très instructif dans le chapitre "Nous sommes vraiment très gentils", qui expose les péripéties de l'idée de Wilson, encore, à propos de l'altruisme. Pour Wilson et ses défenseurs, "notre gentillesse a dû être sélectionnée ", génétiquement bien sûr. Là-dessus, querelle savante : si Wilson a raison et que la gentillesse a été sélectionnée génétiquement, il s'est agi d'une sélection de groupe. Dans les années soixante, bang ! tout un groupe, mené par le biologiste Wynne-Edwards, assomme la sélection de groupe. En 1985, un autre biologiste, Trivers, assomme l'assommeur : mais non, explique-t-il, on peut avoir des sélections qui intéressent tout un groupe sans qu'il faille recourir au mécanisme de la sélection de groupe. Wilson resurgit de ses cendres.

Autant dire qu'on aborde là aux sables mouvants de la socio-paléobiologie, où personne ne peut rien affirmer formellement, parce qu'il n'y a pas eu de témoin qui ait vécu un milliard d'années pour expliquer si, depuis le début, les bactéries nos aïeules étaient ou non solidaires, et si elles étaient gentilles individuellement ou par pression de groupe.

Pour en finir, nos auteurs terminent sur trois chapitres, les jeux de la sexualité, le jeu des générations et le jeu de la guerre, dans lequel ils expliquent ce qu'il pourrait y avoir de génétique dans nos comportements. Il paraîtrait que nous sommes beaucoup moins méchants qu'on le dit, en comparaison avec les autres animaux, et que les singes, en particulier, sont terrifiants : « Si les hamadryas avaient des armes nucléaires, ils détruiraient le monde en quelques jours », selon Wilson.

Discuter ici à fond de la sociobiologie et de ce livre exigerait un espace beaucoup plus grand que celui qui nous est imparti. Il nous semble que, si l'on veut admettre que la sociobiologie a bien des fondements et que la génétique explique les dérives comportementales de tel ou tel groupe humain, alors que le capital de base est théoriquement le même, il faut se résoudre à admettre l'héritabilité des caractères acquis. C'est-à-dire qu'il faut être lamarckiste. Si l'on est lamarckiste, toute l'affaire est à reprendre à zéro, et la sociobiologie n'est qu'une lointaine retombée de ce bouleversement inimaginable que serait l'acceptation du lamarckisme.

Un chapitre de ce livre mérite l'acquisition d'un ouvrage que, par ailleurs, nous trouvons contrariant, c'est celui qui s'intitule : *Le singe descend-il de l'homme ?* On y présente l'hypothèse selon laquelle les chimpanzés auraient désappris à marcher...

Gerald Messadié

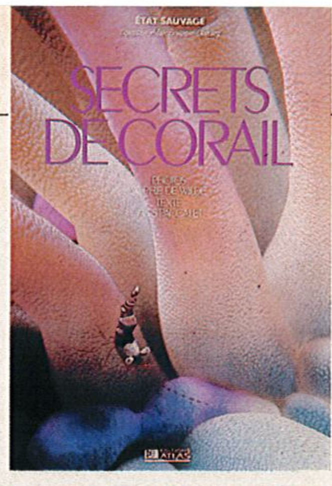
(suite page 162)

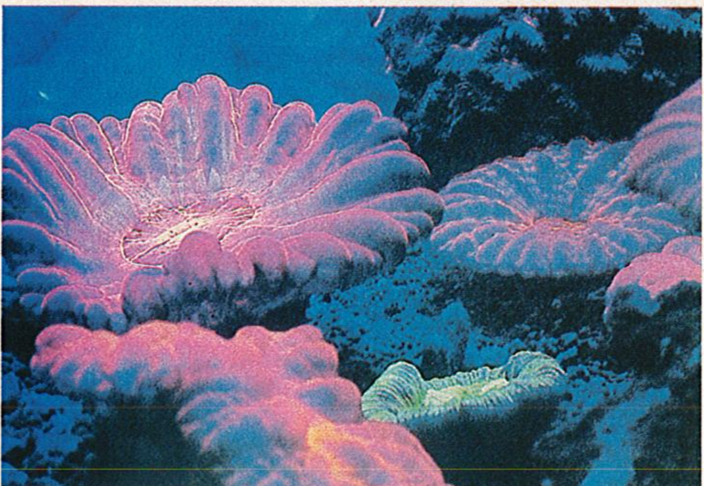
Sophie de Wilde
Yves Paccalet

Secrets de corail

Atlas, 110 p., 295 F.

Graphiste devenue photographe subaquatique, Sophie de Wilde nous révèle par l'image l'intimité du peuple microscopique de la mer. Un monde dont Yves Paccalet, biologiste et coauteur du texte, nous présente les acteurs : « D'abord un univers d'invertébrés.





Un monde bâti par et pour les sans-grade de l'évolution — des éponges aux échinodermes en passant par les cœlentérés, les vers, les mollusques et les crustacés... un système vivant où les vedettes ordinaires des films de nature — les poissons, les reptiles, les oiseaux, les mammifères — ne sont qu'invités. De temps à autre, par faveur spéciale ou par dérogation... C'est parmi ces légions d'animaux inférieurs que le corail élabore et entretient ses plus beaux secrets. C'est dans cette maison commune qu'il compte ses locataires les plus étranges, qu'il entremêle ses destins les plus bizarres. Incroyables vies cachées, taiseuses, modestes — et pourtant si folles ! —, dont les hommes (même les plus savants) ne soupçonneront jamais la complexité... »

Cet univers microscopique, Sophie de Wilde nous le fait découvrir en format géant (pleine page 26×37 cm ou double page 51×37 cm), avec une centaine d'images ordonnées autour de sept thèmes : les coraux, les êtres vivants attachés à ces coraux, les mollusques, les crustacés, les échinodermes et les procordés.

Les photos sont mises au point et cadrées avec rigueur, favorisant l'extraordinaire richesse du détail et des coloris. A l'évidence, le regard de la graphiste qu'était Sophie de Wilde au début des années 1980 n'a rien perdu de son acuité. Il s'est cependant enrichi de sensibilité et de douceur au contact des silences des profondeurs marines et de ses spectacles grandioses. Finalement, ce sont des images prodigieusement poétiques, parfois surréalistes que Sophie de Wilde nous donne à admirer.

Par son texte, Yves Paccalet apporte le complément de connaissance indispensable fondé sur la rigueur scientifique, sans lequel les images seraient stériles, nous invitant à réfléchir sur « la dimension des choses ». Car « il est clair, hélas !, que l'*Homo sapiens* l'a perdue dans ses vapeurs d'essence, ou le nez sur ses chiffres de connaissance corrigés des variations saisonnières ». **Roger Bellone**

Jean-Pierre Petit

Enquête sur les OVNIS

Albin Michel, 382 p., 120 F.

C'est moins une enquête que le récit d'un voyageur confronté aux mœurs, parfois étranges, du monde savant. Le sous-titre est plus clair : "Voyage aux frontières de la science". Quant au préfacier, Jacques Benveniste, il rend l'intention limpide comme de l'eau de source, au temps où elle ne se souvenait pas de la pollution... On voit donc que ces auteurs vont régler des comptes avec les vilains pontifes de l'orthodoxie scientifique.

Sur ce plan, le lecteur qui s'attendrait à des anecdotes croustillantes ne sera pas déçu, mais celui qui escompterait un livre sur les OVNIS pourrait l'être : ils ne sont qu'un prétexte.

Physicien de formation, l'auteur brille dans son domaine, mais son éclat pâlit lorsqu'il s'aventure au-dehors, fût-ce dans un de ses dadas. Car les OVNIS sont le dada de beaucoup de gens, mais le domaine de personne. Ils ne constituent pas un phénomène spécifique qu'une discipline scientifique reconnue puisse étudier ; c'est un amalgame de phénomènes disparates qui n'ont comme point commun que d'avoir suscité un rapport, dans lequel un observateur décrit un phénomène qu'il n'a pu identifier. Même quand on n'en retient que les phénomènes susceptibles d'intéresser la science, il reste que des aspects mal connus de la psychologie de la perception sont, tout autant que des phénomènes physiques mieux connus, capables de produire des descriptions déroutantes. Et pis : en se restreignant aux phénomènes physiques, comment déterminer qu'une mystérieuse lumière nocturne est produite par un objet réel ou bien n'est qu'une image virtuelle engendrée par l'optique atmosphérique ?

Les premiers ufologues, les sceptiques comme les crédules, n'imaginaient que des objets correspondant exactements à leurs apparences. Donc, ces objets existaient ou n'existaient pas. Puis on imagina d'intégrer l'effet des conditions d'observation, puis celui des phénomènes de perception, puis celui de la propagation de l'information. Petit, lui, en est resté à la première phase : pour lui, un

rapport d'observation d'OVNI décrit un engin extraterrestre ou mérite la poubelle. Il a donc trente ans de retard.

Ni Hercule Poirot ni Maigret, son "enquête", pour pittoresque qu'elle soit, a des relents d'apologétique. Les seuls arguments qui l'intéressent, les seuls cas (mal rapportés) qu'il cite sont ceux qui cautionnent l'hypothèse de visites d'extraterrestres. On peut regretter que cette idée simpliste ait orienté dix ans de ses recherches et, par là même, contribué à discréditer ses travaux aux yeux de scientifiques orthodoxes. On serait tenté de dire qu'il a équarri sa croix pour mieux se faire clouer ! Au fil des pages, ses démêlés avec les "mandarins" comme avec les escrocs ou les naïfs nous tiennent en haleine, mais on ne peut s'empêcher d'éprouver un certain malaise : pourquoi donc ce mépris des autres ? Pourquoi des chercheurs qui ont passé des années à débarrasser l'ufologie ou l'ovnilogie, comme ou voudra, de sa gangue mythologique pour bâtir un modèle cohérent et pluridisciplinaire sont-ils donc traités de "charlatans" ?

Pourquoi lit-on que « dans des minicongrès de soucoupologie s'affrontent en joutes dérisoires un ufologue facteur, un ufologue tenancier de sex-shop et un ufologue gardien de nuit » ? Ce mépris se comprendrait à la rigueur à l'égard de certains qui, paradoxalement, partagent les convictions de l'auteur. Mais ici, il s'adresse à des chercheurs en avance sur lui, mais qui, ô sacrilège !, ne sont pas des scientifiques patentés. Comme s'il pouvait exister des diplômes dans une discipline qui n'existe pas encore ! Comme si la science ne devait rien aux amateurs. William Herschel et Pierre Fermat doivent s'en retourner dans leurs tombes.

Et on se demande aussi pourquoi l'auteur se pose en victime, à l'égal de son préfacier, alors qu'il adopte le comportement d'un inquisiteur ? On n'est pas plus à l'aise quand on découvre qu'il cite ses adversaires tantôt sous un pseudonyme, tantôt sous leur vrai nom, selon que ses propos peuvent être jugés diffamatoires ou pas. Ah, le courage !

Cet auteur eût mieux fait de ne pas parler d'OVNIS et de conserver la moitié de son livre, celle qu'on pourrait titrer : *Mémoires d'un savanturier*. Notre plaisir n'en eût pas été gâché. **Dominique Caudron**

Richard Rhodes

Ils ont inventé la bombe

Hachette, 445 p., paraîtra en 1991

L'invention de la bombe atomique est, hélas !, une des plus extraordinaires aventures scientifiques de notre époque. En six ans seulement, de 1939, découverte de la fission du noyau de l'atome, à 1945, destruction d'Hiroshima, les plus grands physiciens du monde réunis aux Etats-Unis conçoivent l'arme absolue capable de détruire l'humanité, à partir d'une connaissance récente et théorique. Derrière eux, un gigantesque complexe industriel fabrique des bombes nucléaires en un temps record. Cette

saga a inspiré plusieurs livres, souvenirs de physiciens et de responsables du projet, récits et analyses d'historiens.

Le journaliste Richard Rhodes a opté, lui, pour le recueil de témoignages. Le récit est alerte, et fourmille de faits et de détails. Le moins qu'on puisse en dire est qu'il est disert, n'épargnant quasiment aucun détail de la vie des protagonistes. Très abondamment documenté (près de 1 000 notes de références, une bibliographie de 500 ouvrages et articles), ce livre laisse néanmoins un sentiment de confusion, car on a peine à y distinguer l'essentiel, expériences scientifiques déterminantes, enjeux techniques majeurs, décisions stratégiques. La traduction, parfois maladroite, ne concourt pas à la clarté.

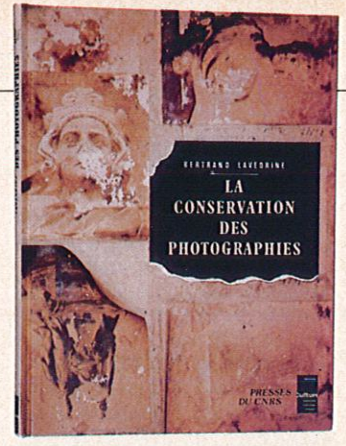
On retrouve dans ce livre le travers bien américain qui consiste à rejeter dans l'ombre la science française et, en particulier, Frédéric et Irène Joliot-Curie, qui ont pourtant joué un rôle fondamental dans cette affaire.

Bref, c'est plutôt de la compilation d'archives et de témoignages que du récit historique. Les initiés apprendront sans doute des faits qu'ils ignoraient, mais les lecteurs ordinaires, eux, trouveront profit à s'adresser ailleurs.

Hélène Guillemot

Bertrand Lavedrine
La Conservation des photographies
Presses du CNRS, 160 p., 250 F.

Les images accumulées depuis la naissance de la photographie voici quelque cent cinquante ans constitue un patrimoine considérable, dont la fragilité n'est apparue que très récemment. Il y a seulement une vingtaine d'années, en effet, que les spécialistes ont pris conscience des menaces qui pèsent sur les collections de photographies des bibliothèques, des archives et des musées publics et privés, ne serait-ce que parce que tout support matériel — papier, plastique ou autre — n'est qu'une matière périssable. Comment, dès lors, préserver les photos, prolonger leur durée de vie, les conserver dans de bonnes conditions et permettre leur consultation en limitant les risques de détérioration ?



Bernard Lavedrine répond à ces questions en scientifique. Expert au Centre de recherches sur la conservation des documents graphiques, il nous livre le fruit de son expérience en matière de conservation des matériaux photographiques anciens et contemporains.

Les divers procédés sont traités successivement : daguerréotypes ambrotypes, papier salé, papier albuminé, collodion, aristotypes, procédés non argentiques, procédés couleurs, négatifs... Pour chacun d'eux, sont examinées les caractéristiques, les altérations et les dégradations, les préparations, les restaurations, etc.

Une illustration riche et précise apporte le complément visuel qui parfait la compréhension des phénomènes d'altération ou des techniques de restauration.

L'ouvrage s'achève sur la présentation de modes opératoires et des formules de traitement, un glossaire et une bibliographie.

Technicien compétent, Bernard Lavedrine est aussi un auteur de talent. Le texte, écrit dans une langue concise et très pure, et bien que destiné aux conservateurs et aux restaurateurs, reste à la portée des simples collectionneurs et des photographes amateurs. **R. B.**

René Maury
Les patrons japonais parlent
Seuil, 288 p., 120 F

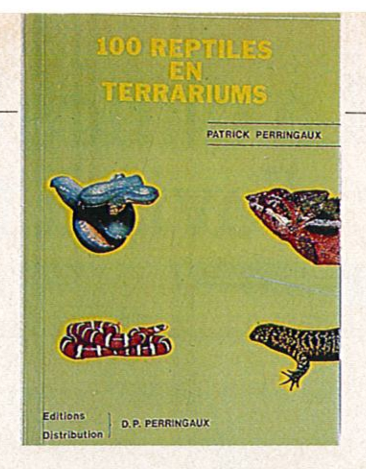
Voici un auteur qui ne craint pas les contradictions. Il affirme d'abord qu'en raison du sentiment de notre supériorité innée nous, Occidentaux, avons commis le péché impardonnable de considérer que notre vision du monde constituait un modèle universel et exportable. Puis il explique que nous ne pourrons être sauvés de la décadence qu'en suivant le modèle japonais. D'où il faut conclure que ce modèle serait, lui, transposable et serait, lui, universel. Si nous adhérons à la première proposition : aucun modèle économique n'est exportable, nous ne saurions accepter la seconde. Et si nous avons péché par orgueil, c'est un travers dans lequel tombent aujourd'hui les patrons japonais, c'est seulement là affaire de bonne logique.

Il est vrai qu'il ne s'agit pas ici de logique. Car ce "nouveau modèle" que l'auteur croit pouvoir tirer de ses entretiens avec quarante patrons japonais repose sur la valeur purement subjective du bonheur... On nous explique que, pour les Japonais, le travail n'est pas la punition du péché originel et n'a nul besoin d'être compensé par la libération des congés payés. Il est la source du bonheur, dès lors qu'il est associé, dans une relation harmonieuse, avec ceux qui contribuent à l'objectif commun de l'entreprise.

Dévouement pur, adhésion à la cause quasi religieuse de l'entreprise, chaude camaraderie ; arrêtons là, on reconnaît le langage des gourous et des sorciers de l'entreprise dont nous avons déjà dénoncé les niaiseries et la nocivité. Pareille idéologie, qui voudrait faire accroire qu'il n'y a qu'une vérité, réservée à une élite qui s'investit de la mission de l'imposer aux autres, nous paraît sentir le fagot. **Gérard Morice**

Marc Chauvierre
Soixante-quinze ans de radio et de télévision
Chiron, 216 p., 135 F.

Avec René Barthélémy et Henri de France, Marc Chauvierre fut, dans les années 1930, l'un des pionniers de la télévision. Lui ayant consacré la plus grande partie de sa vie, ayant participé à son évolution technologique, aux grandes batailles, comme celles du 819/625 lignes ou les standards couleurs PAL/SECAM, il était à même d'écrire un historique vu de l'intérieur. Et c'est là le mérite de ce livre que de nous faire découvrir les dessous des inventions essentielles et des choix politico-économiques qui ont constamment abouti à des systèmes européens de télévision différents. L'auteur évoque aussi la



télévision à haute définition, attirant particulièrement l'attention sur le caractère souvent illusoire de cette définition, à cause des altérations du signal vidéo qu'impose son traitement, ou les limites résultant du nombre de points de phosphore tapissant le fond d'un écran de TV actuel (ces points constituant en fait le nombre maximal de pixels que pourra contenir l'image).

Le livre s'achève sur les perspectives d'évolution de la télévision vers le relief dont Marc Chauvierre est un passionné de longue date. Pour lui, après la couleur et la haute définition, la télévision sera en relief, même si ce n'est pas pour demain. **R.B.**

Patrick Parringaux

Cent reptiles en terrarium

D. P. Parringaux, 228 p., 140 F.

Une récente émission TV nous apprenait que les Français sont aujourd'hui de plus en plus nombreux à élever des serpents plutôt que des chiens ou des chats. Voici un ouvrage qui les comblera. Edité à compte d'auteur ([1]) par un expert et un passionné, il leur donnera les connaissances nécessaires pour faire vivre correctement des reptiles et les faire se reproduire. Pas seulement des serpents, mais aussi des lézards, des caméléons, des tortues et autres genres. Aucune des cent espèces proposées n'est en voie de disparition. Pour chacune d'elles, l'auteur précise ses caractéristiques scientifiques (nom, répartition, taille, biotope, biologie, nourriture, reproduction) et ses conditions de maintien en captivité (dangers, type de terrarium, température, lumière, nourriture, décor, période de repos, reproduction et remarques diverses). Chaque espèce est en outre présentée par une photo en couleurs. Bref, un guide très complet et dont il faut souligner le sérieux. **R.B.**

(1) Diffusion Patrick Parringaux, BP 18, 51210 Montmirail.

La Science de Doisneau

Hoebeke, album N & B, 64 p., 148 F.

Un grand photographe, Robert Doisneau donc, grand parce qu'il a l'œil juste et fin, photographie les musées de sciences, dont surtout le Muséum, les savants et les chercheurs. Le résultat en est savoureux, parfois hilarant. **G.M.**

ERRATUM

Dans notre n° 876 de septembre 1990, dans la rubrique "Livres", à propos des "Que sais-je", une erreur s'est glissée dans le chapeau. En effet, 2 530 titres à 8 mm font 2 024 cm, soit 20,24 m. ▲

Economie : La difficulté c'est de changer d'avis à temps.



Pour ne pas être un Panurge dans le monde des affaires, il faut savoir anticiper. Et pour qu'une entreprise – même bien portante – sache se mettre en cause, puis réagisse à temps, une seule solution : l'information.

S & V Economie Magazine apporte cette information de fond sans laquelle on reste coincé dans le troupeau...

S & V Economie Magazine c'est une information tournée vers l'action.

AU SOMMAIRE D'OCTOBRE

. Détournement de fonds, abus de biens sociaux, etc... Quand le crime paie.

. Recrutement: Bac+2 : la chasse est ouverte !

SCIENCE & VIE ECONOMIE MAGAZINE

JERRICAN

ECHOS DE LA VIE PRATIQUE



VIDÉO

Automobiles guidées par satellite et CD-ROM

En n'importe quel point de la Terre, un automobiliste équipé du GPS (*Global Positionning System*) pourra déterminer sa position avec précision et être guidé automatiquement grâce à des signaux émis par satellite.

Sur la base de ce système, la firme japonaise Pioneer a créé AVIC-1, un système de navigation automobile composé d'une antenne, d'un récepteur des signaux GPS, d'un microprocesseur, d'un écran de contrôle à cristaux liquides et d'un lecteur de disques CD-ROM (mémoire morte sur disque compact). Les disques possèdent une carte de toutes les routes et rues du Japon. La carte de la région traversée est diffusée sur l'écran avec indication de la position du véhicule déterminée par le récepteur GPS à partir de la position des satellites.

Les CD-ROM ont également en mémoire d'autres informations (restaurants, hôtels, bureaux de tourisme, etc.) qui peuvent être diffusées dans la voiture pour les villes ou les régions traversées.

Pour l'instant, le système n'est pas disponible en France à cause de l'absence de cartes européennes sur CD-ROM. Rappelons ici que Philips a conçu un système similaire compatible et que le groupe hollandais avait déjà annoncé, il y a quelques années, que des cartes européennes seraient réalisées sur CD-ROM (*Science & Vie* n° 819 de décembre 1985 et n° 844 de janvier 1988).

PHOTO

Zoom amélioré sur un compact

L'appareil 24 × 36 le plus perfectionné parmi les modèles compacts de Vivitar, le 370 Z, est doté d'un zoom Série 1, désignation que la marque réserve à ses meilleurs objectifs. De fait, ce zoom 35-70 mm, que nous avons testé, comporte 8 lentilles et procure des images d'une bonne netteté jusque sur les bords. L'appareil, qui est destiné au grand public, comporte par ailleurs des caractéristiques très classiques : mise au point et exposition automatiques, prise de vues depuis 65 cm, obturateur électronique, flash incorporé, retardateur et entraînement motorisé. Il reçoit l'éventail complet des films, de 50 à 1 600 ISO de sensibilité. Alimentation par pile au lithium de 3 volts.

VIDÉO

Le montage vidéo en location

Véritable table de montage, le Vidimont comporte, intégrés à un même meuble, deux magnétoscopes 8 mm, deux magnétoscopes VHS, un moniteur à écran de 25 cm, un transcodeur PAL/SECAM et un autre SECAM/PAL, un répartiteur vidéo automatique, un magnétophone à cassette et deux tables de mixage/montage. Cet appareil permet ainsi de réaliser l'ensemble des opérations de montage vidéo 8 mm ou VHS, avec possibilité de passer d'un standard à l'autre.

Les interconnexions automatiques du système, affirme le fabricant (la société SERTI), mettent ce montage à la portée des amateurs inexpérimentés. Dans un souci de simplicité, les lecteurs, leur poste de pilotage et leurs entrées sont repérés en vert. Par opposition, les sorties telles que les enregistreurs et leur poste de commande sont en rouge. Les commandes et les afficheurs sont positionnés de telle manière qu'un opérateur assis a tous les éléments à portée de main et d'œil.

Le Vidimont, dont le prix atteint 12 900 F, est destiné avant tout aux revendeurs de camescopes qui pourront le louer à leurs clients. C'est ainsi qu'à Toulouse la société Radiodisc, premier utilisateur du Vidimont, propose une telle location au prix de 100 F de l'heure (SERTI, 15 bis boulevard des Pyrénées, 31270 Villeneuve-Tolosane).



VIDÉO

Copier les films TV sans publicité

Le géant japonais de l'électronique, Mitsubishi, lance actuellement sur notre marché une gamme de magnétoscopes équipés avec 4 têtes vidéo et des circuits spécifiques leur assurant des performances exceptionnelles. Un premier système (*Twin digital*) règle en continu l'alignement de la bande et mesure la qualité de l'image enregistrée afin d'évaluer en permanence les corrections à effectuer. De ce fait, affirme le constructeur, que la bande soit louée, achetée ou même usée, le résultat est une image pure, où toutes distorsions sont éliminées.

Grâce à un autre système (*Mode editing*), il est possible de copier une cassette enregistrée, en effaçant toutes les séquences indésirables (spots publicitaires, par exemple). Cette fonction ajuste la position de la bande en alignant avec précision le nouvel enregistrement avec l'ancien pour obtenir un montage parfait des plans sans déchirure ni bruit parasite.

Et, même si une erreur de manipulation est commise, l'appareil a prévu de laisser environ huit secondes à l'utilisateur pour recommencer.

Ces magnétoscopes permettent encore :

- pendant la lecture normale, de modifier graduellement la vitesse de défilement des séquences (fonction Jog/Shuttle). Pour recherche des images, en avant ou en arrière, toutes les cadences de lecture sont possibles, de l'image par image, à quatorze fois la vitesse normale ;
- une vitesse de bobinage ultra-rapide, atteignant cent fois la vitesse de reproduction.
- L'enregistrement de huit programmes différents soit journalièrement, soit un mois à l'avance.
- La mémorisation de cent canaux, dont la recherche et le réglage sont automatiques.

La gamme comporte deux modèles SECAM (HS-S42, prix : 4 990 F et HS-S32, prix : 4 790 F) et deux modèles PAL/SECAM (HS-M 420, prix : 5 690 F et HS-M 320, prix : 5 490 F).

PHOTO

Autofocus rétro

Actuellement disponible au Japon à un prix correspondant à 2 000 de nos francs, le Minolta Prod 20S est un appareil 24×36 compact (14×7×5 cm et 390 g) volontairement doté de l'esthétique des boîtiers des années 1960, avec une finition métal et cuir. Ses caractéristiques, en revanche, sont aujourd'hui des plus classiques : objectif 4,5/35 mm, exposition et mise au point automatiques, distance minimale de mise au point de 0,95 m, flash intégré automatique et entraînement motorisé.





PHOTO

Flash automatique pour Hasselblad

Très courante avec les appareils 24 × 36, l'automatisation de l'exposition au flash l'est beaucoup moins avec les 6 × 6 comme l'Hasselblad. Aujourd'hui, la firme allemande Metz la propose pour les modèles Hasselblad 503 CX, 500 ELX et 553 ELX avec une lampe-torche spécifique, la Proflash 4504. A cet effet, celle-ci possède un senseur et les connexions nécessaires à son couplage à l'électronique du boîtier. Ce système permet au senseur de mesurer l'éclair directement sur une plage de 4 cm de diamètre située dans le plan du film. Dès que celui-ci a reçu la quantité de lumière nécessaire, il coupe l'éclair (dont la durée peut varier ainsi de 1/300 à 1/20 000 s).

Le nombre-guide de Proflash est de 45 pour une sensibilité de film de 100 ISO. Le réflecteur est orientable horizontalement de 360° et verticalement de 90°.

ÉCLAIRAGE

Une torche à blocs d'alimentation interchangeables

Conçue par la firme Asahi Research Corporation, l'ARC 3000 LED est une lampe d'éclairage vidéo très compacte (7×7,5×15 cm et 125 g) dont le système d'alimentation comporte un adaptateur amovible et interchangeable avec d'autres adaptateurs. Ceux-ci, au nombre de six, permettent d'utiliser l'alimentation des divers camescopes du marché (Canon, Sony JVC, Panasonic, Kyouira, Minolta, Hitachi, TCA, etc.) et, ainsi, de filmer avec n'importe lequel de ces appareils. Deux lampes halogènes cent heures assurent deux puissances (20 et 10 W) sous 6 volts. Ensemble, elles procurent une troisième puissance, 30 W. La lumière est équilibrée à 3 200 K dans tous les cas. Prix : 890 F.

AUDIO

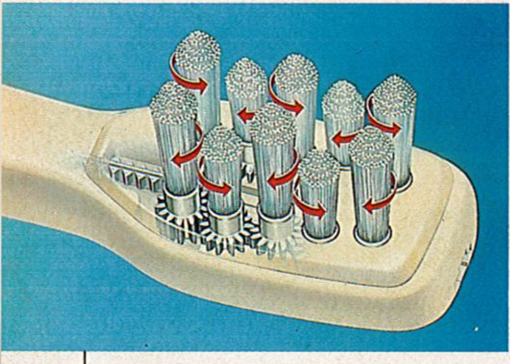
Des combinés radiocassette avec RDS

Le RDS, rappelons-le, est un système d'émission en FM destiné aux automobilistes et facilitant la recherche des stations. Un signal non perceptible est transmis avec le signal FM d'un programme déterminé, permettant aux autoradios équipés pour le recevoir de se caler automatiquement sur la fréquence la plus forte. Ainsi, le poste capte ce programme sur l'émetteur-relai le plus proche et le plus puissant rencontré durant le parcours.

Clarion, spécialiste de l'autoradio, vient de lancer deux combinés radiocassette dotés du système RDS, les CRH 101 R et CRX 111 R. Le premier, équipé de quatre sorties haut-parleur de 15 W chacune, peut être préréglé pour recevoir automatiquement 10 stations FM et 5 stations PO-GO. Leur recherche peut être obtenue par balayage automatique des fréquences. L'appareil est encore doté d'un circuit de suppression des parasites. L'unité magnétophone est également automatisée (chargement des cassettes, éjection, recherche des enregistrements, répétition d'un morceau musical, sélection du type de bande, etc.). Prix : 4 290 F.



Le second appareil, le Clarion CRX 111 R, dont les caractéristiques sont similaires, possède en outre une commande de changeur de disque compact (modèle CDC 9200) permettant toutes les opérations et tous les affichages de programmes. Prix : 4 690 F.



1
UNE BROSSE À DENTS À POILS MOTORISÉS
950 F, chez Bausch and Lomb France, route de Levis-Saint-Nom, 78320 Le Mesnil-St-Denis

4
LAMPE PLIABLE POUR LE VOYAGE
1 200 F chez Catalogia BP 62, 67061 Strasbourg Cedex



2
UNE CLÉ ÉLECTRONIQUE POUR MINITEL
250 F, La Télématique française, 83 rue de l'Ourcq, 75019 Paris



3
UN ALTIMÈTRE POUR LES SPORTS AÉRIENS
2 900 F, à La Maison de l'Astronomie, 33 rue de Rivoli, 75001 Paris



LES OBJETS DU MOIS

1 Avec Interplak, la firme Bausch and Lomb propose peut-être le raffinement suprême dans le domaine de la brosse à dents. En effet, à l'intérieur de la tête de brosse, sous les faisceaux des poils, se trouvent des engrenages commandés par un moteur. Ceux-ci tournent à 4 200 tours/minute en inversant constamment le sens de rotation. Chaque touffe effectue ainsi un tour et demi avant de changer de sens, ce qui permet de bien pénétrer dans tous les interstices, d'assurer un meilleur nettoyage et de combattre la plaque dentaire. Interplak est livré avec deux têtes de brosses interchangeables et fonctionne sur batterie.

2 La protection de l'accès par Minitel aux dossiers de certains centres serveurs peut être assurée simplement au moyen d'une clé électronique (Minipass), conçue par la Télématique française. Grâce à un codage complexe utilisant un algorithme, le Minipass se connecte automatiquement à un centre serveur spécifique, capable donc de reconnaître le code programmé. Nominatif, le Minipass contient le numéro d'identification de l'utilisateur. Doté d'un "numéroteur" automatique d'appels, le Minipass évite également la composition manuelle du numéro. Enfin, il gère des compteurs électroniques permettant à l'utilisateur de comptabiliser les unités consommées et le temps passé en connexion avec le Minitel pour un service (transactions financières, ordres boursiers, accès à des banques de données, etc.).

3 Proposé par la société Pretel, voici l'Alti Vario V6, un altimètre conçu pour indiquer le dénivelé d'un vol à un pilote d'ULM, de parapente ou de vol à voile. Une fois les conditions météorologiques affichées, mais sans connaître l'altitude du point de décollage et d'atterrissage, l'instrument est en mesure de guider son utilisateur. Sachant qu'en vol les informations sonores sont parfois plus utiles que la lecture sur cadran, le constructeur a équipé l'Alti Vario d'une programmation audio, d'utilisation facultative. L'utilisateur choisit un signal sonore de montée (fréquence aiguë) et de descente (fréquence grave). En ce qui concerne les données, l'instrument affiche l'altitude, l'orientation, les vitesses horizontales et verticales jusqu'à 15 m/sec et les dénivelés jusqu'à 9 999 m ! L'altitude, la vitesse et le temps passés à voler sont mémorisés en totalité.

4 La lampe Jazz est un modèle pratique en voyage : munie d'un bras télescopique, elle est également pliable (dimensions une fois pliée 13,6 x 30 x 4 cm) et se range donc aisément. De plus, elle possède une mémoire qui retient la dernière intensité lumineuse du variateur. L'ampoule est du type halogène 20 W. Enfin, affirme le constructeur, un réflecteur conique à haut rendement (son indice de réfraction est élevé) réduit de moitié les pertes de lumière habituelles des lampes à réflecteur. Elle fonctionne sur secteur.

Le gardien des appareils électroniques. Conçu par Legrand, spécialiste dans les équipements électriques, le "Bloc multiprises para-surtenseur" permet de protéger localement les appareils électroniques (vidéo, audio, ordinateurs) des surtensions du secteur, qu'elles soient d'origine atmosphérique ou proviennent d'EDF. Son efficacité est totale grâce à une technologie associant les varistances (protection contre les chocs faibles : surtension secteurs, pointes de tensions) et un éclateur (contre les plus fortes foudres tombant sur la ligne à proximité de l'habitation). Le socle de protection est interchangeable, il doit être remplacé lorsque sa capacité d'absorption est atteinte. Un voyant signale cet état. Ce bloc para-surtenseur existe avec 6 prises 2 pôles + terre et avec clips pour la protection des enfants. Puissance maximale : 2 200 W en 220 V. Prix : 960 F.



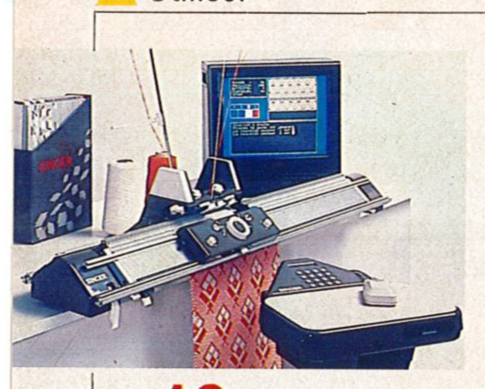
5
L'AMPOULE QUI ÉCONOMISE L'ÉNERGIE
Environ 160 F, dans les grandes surfaces

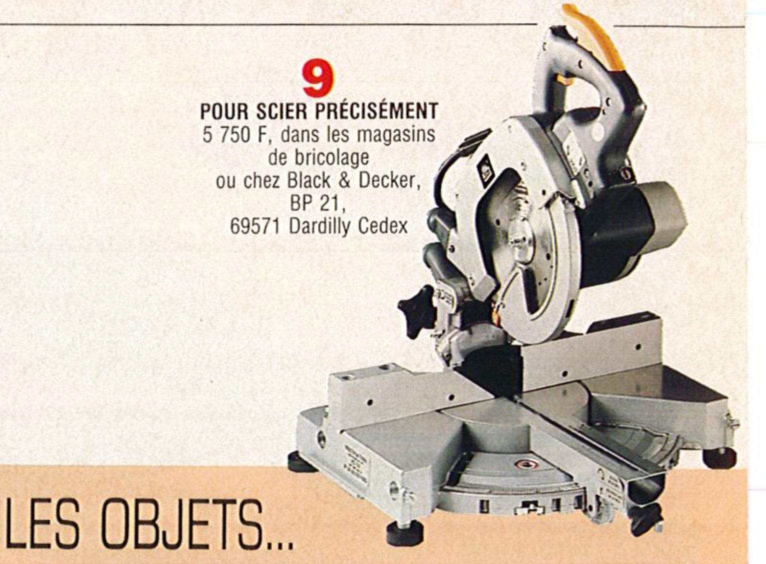
5 Philips lance ce mois-ci la PLC Electronic, la plus petite ampoule de sa gamme. Il s'agit d'une lampe fluorescente permettant d'économiser environ 80 % d'électricité par rapport à une lampe à incandescence. Respectivement pour 9, 11, 15 et 20 W, la PLC fournit autant de lumière qu'une ampoule de 40, 60, 75 et 100 W. La différence avec les autres lampes fluorescentes réside dans sa compacité et dans son embase contenant l'électronique (hauteur de l'ampoule : 129 mm). Durée de vie prévue : huit mille heures.

6
SPORTIFS, MESUREZ VOS EFFORTS
1 980 F, Au Vieux Campeur, 39 rue des Ecoles, 75005 Paris

6 Pour les adeptes des sports d'endurance, et très férus d'informatique, voici le Sportronic, qui mesure les performances et le comportement du sportif lors de l'effort. Le système est composé d'une ceinture enregistreuse du rythme cardiaque reliée à un bracelet électronique. Ces éléments sont livrés avec un logiciel graphique (PC ou Macintosh). L'instrument se programme pour déterminer le rapport entre le rythme cardiaque et la vitesse. L'ordinateur reçoit les données et les résultats des tests enregistrés dans le bracelet, trace les courbes correspondant au rythme cardiaque/vitesse et fait ressortir les progrès réalisés. Le programme tient compte du type de sport, de la vitesse de départ, de l'augmentation de cette vitesse, de l'âge du sportif, de son poids, de son rythme cardiaque au repos et d'informations variées telles que la présence de vent.

Un minisilo à compost, conçu pour les jardins des particuliers, permet de fabriquer de l'humus en trois ou quatre mois. Réalisé en polyéthylène résistant aux ultraviolets, il reçoit les débris organiques d'un jardin ou d'une cuisine et les maintient à l'abri de l'air et de la lumière, favorisant ainsi le développement de microorganismes. Ce récipient de 250 litres (diamètre : 795 mm ; hauteur : 865 mm) possède un fond perforé pour favoriser l'oxygénation, une trappe de service et un couvercle rotatif de ventilation. 997 F, chez AEG, BP 143, 67603 Sélestat.





9
POUR SCIER PRÉCISÉMENT
5 750 F, dans les magasins de bricolage ou chez Black & Decker, BP 21, 69571 Dardilly Cedex

10
TRICOTEZ AVEC VOTRE TÉLÉVISEUR !
17 000 F, chez les revendeurs Singer

LES OBJETS...



7
LA PAROLE AUX CALCULATRICES
349 F Sedao, 37-39 rue des Grands-Champs, 75020 Paris

8
UN MICRORADIATEUR POUR DE GROSSES CHALEURS
990 F, chez les chauffagistes et dans les magasins spécialisés

7 En plus de toutes les fonctions habituelles des calculatrices, Marksman a la faculté de parler. Elle épelle très distinctement tous les chiffres, les opérations effectuées et le résultat. De plus, elle possède quatre vitesses de réponse. Ainsi, un enfant pourra choisir un débit lent et faire répéter grâce à une touche spéciale. Quant à la calculatrice scientifique Casio FX-82 B (non photographiée), elle a été agrémentée d'un micro-émetteur. Dans une zone dégagée de 300 à 500 m, une personne munie d'un poste récepteur FM branché sur la fréquence 108 MHz peut donc écouter les bruits émis dans une pièce et transmis par la calculatrice. Celle-ci peut ainsi servir éventuellement d'unité de surveillance d'une pièce. 3 200 F chez Dune, Galerie des Champs-Elysées, 75008 Paris.

8 Avec le radiateur Digi Chromex, la société Chromex propose le plus petit modèle programmable existant (1,4 kg). Il développe une puissance de 400 à 1 500 watts en quelques secondes, grâce à des composants céramiques dont la résistance électrique varie en fonction de la température ambiante mesurée par une sonde thermique (la puissance restituée augmentant ainsi avec le froid). Doté d'une mémoire, il permet de choisir (de une heure à quinze heures avant) l'heure de démarrage. Pour éviter tout danger, ce radiateur cesse de fonctionner en cas de chute ou de déplacement brutal. Il est également étanche et peut s'utiliser dans une salle de bains.

9 Bois, aluminium et plastiques PVC sont les matériaux que peut couper la scie à onglet radiale Elu PS 174. Construite en aluminium compact et d'une conception nouvelle, elle possède une large capacité de coupe, jusqu'à 254 mm en largeur et 52 mm en hauteur. Une table graduée orientable à droite sur 45° et une tête de scie inclinable à gauche, également sur 45°, permettent les coupes en biseau ou en biais. Un moteur de 1 200 W (4 900 tr/min) assure une coupe rapide. Des accessoires permettent d'aspirer les copeaux et de travailler des panneaux de grande longueur. Cette scie est portable (12,5 kg).

10 La Singer MT-700 est la première machine à tricoter à microprocesseur. Branchée sur un téléviseur équipé d'une prise Péritel, elle permet alors de composer sur l'écran n'importe quel modèle de tricot, au choix de l'utilisateur, puisqu'il le dessine lui-même avec une "souris". La machine contient un logiciel graphique couleurs et un programme dont les menus et les fenêtres fournissent les indications nécessaires au choix des couleurs, des points, du nombre de rangs, etc. La souplesse du logiciel autorise les corrections, transformations, reproductions et agrandissements des motifs (jusqu'à 512 rangs). La MT-700 est livrée avec un catalogue de 3 000 formes et 900 points enregistrés en mémoire, auxquels peuvent s'ajouter ceux de l'utilisateur. La tricoteuse proprement dite (classique à 360 aiguilles), peut être utilisée sans le téléviseur et être agrémentée, en option, d'un changeur de fils permettant de travailler avec quatre couleurs sur un même rang.

La Météorologie nationale (ENM) et le Centre national d'enseignement à distance (CNED) ouvrent en octobre 1990 une formation de six mois en météorologie. Elle est destinée à des titulaires du bac, usagers de la météo (sécurité civile, transports, agriculture...). Deux séances dans des centres météo sont proposés. Un certificat est délivré par l'ENM.

Les textes des Echos de la vie pratique ont été réalisés par Roger Bellone, Pierre Courbier, Lionel Dersot, Laurent Douek, Habib Eljari et Christine Mercier.

11

UN FILTRE ANTIBACTÉRIES
550 F, au BHV, rue de Rivoli,
75001 Paris





12

UN MICROORDINATEUR DANS LA MAIN
17 200 F, chez SBIG, 37 rue Vauvenargues,
75018 Paris

...DU MOIS

11 Aquanatura, un filtre à eau conçu pour être simplement fixé sur un robinet de cuisine (eau froide seulement), est muni d'un triple système de traitement par passage successif de l'eau à travers un filtre clarificateur, sur du charbon activé et sur des sels d'argent. Le constructeur affirme que tous les éléments tels que chlore, acide sulfurique, pesticides, herbicides, phénols, hydrocarbures, etc., sont ainsi éliminés. Le débit de ce filtre est de 4 000 l/an.

12 450 g et la taille d'un portefeuille, c'est le Poquet, ordinateur personnel tenant dans une poche. Il est compatible MS-DOS, travaille donc comme tout autre PC équipé du même système d'exploitation. Doté d'un écran de 25 lignes sur 80 colonnes, il possède également un clavier complet de 76 touches, dont 10 de fonction. Sa mémoire centrale de 512 Ko et de cent heures d'autonomie (avec 2 piles de 1,5 V) permettent de stocker plusieurs jours de travail. Sont disponibles pour cet ordinateur : une unité de disquettes 3,5 pouces, un câble modem pour télécommunications, des cartes mémoires supplémentaires et des logiciels.

13 La firme Draëger-Brandt vient de lancer une cagoule rigide à air pulsé, Pureflo, conçue pour protéger le visage et les poumons des vapeurs et des poussières nocives produites lors de certaines activités (soufrage de vignes, brouillards d'insecticides ou de sulfatages, etc.). Un masque filtrant arrête ces substances et, à l'intérieur de la coiffe (300 g), un ventilateur silencieux, autonome, propulse de l'air propre entre le visage et la visière transparente. Enfin, une protection en polyester étanche couvre les oreilles et le cou. Notons toutefois que cette cagoule n'est pas antichocs.

13

UNE CAGOULE ANTIPOLLUTION
Environ 4 000 F
chez Draëger-Brandt, 4 rue du Dr-Calmette,
78190 Trappes



LE PORTE-AVIONS "CHARLES-DE-GAULLE"

(suite de la page 113)

30 ans et sont très étriqués ;
• enfin, achat de cellules de Grumman S-2 Tracker stockées en bon état aux Etats-Unis. A l'instar de ce que fait la protection civile (Turbot-Firecat), la transformation de ces cellules comprendrait la remotorisation avec des turbopropulseurs modernes et l'installation d'un système de détection français ou étranger. Une décision sur l'avion de guet doit être rapide si l'on veut que le porte-avions nucléaire dispose de tous ses moyens à son entrée en service.

Les systèmes électroniques. Le système de combat du porte-avions sera en pointe ; en effet le *Charles-De-Gaulle* sera très informatisé : gestion du flotteur (stabilité, avaries, etc.), gestion du personnel, gestion des rechanges, gestion des communications intérieures, etc.
• Le SISC, ou système d'intégration du système de combat, est le dispositif tactique central du nouveau porte-avions ; il est dérivé des SENIT 6 installés sur les récentes frégates anti-aériennes. Du type "à architecture fédérée", il comprendra cinq ou six gros calculateurs (aux normes industrielles "durcies" pour abaisser les coûts), une multitude de processeurs, et 20 à 22 consoles d'opérateurs au central opérations et à la passerelle. Le SISC assure le recueil de toutes les informations provenant des capteurs du bâtiment (radars bi et tri-dimensionnels, équipements d'écoute électronique, de veille infrarouge). Grâce à une liaison de transmission de données (liaison 11 de l'OTAN), il échange ces informations avec les autres bâtiments français ou alliés, les aéronefs de guet aérien (11), les hélicoptères anti-sous-marins et les centres à terre. Le SISC assure en temps réel la corrélation de toutes ces informations pour présenter aux décideurs et aux opérateurs des situations renseignées et complètes. Il peut, en mode automatique, déclencher des actions d'autodéfense : brouillage électronique, lancement de leurres ou de missiles anti-missiles. Il fournit une assistance au contrôle des avions embarqués.
• Le *Charles-De-Gaulle* est doté du système Aidcomer d'aide au commandement, qui travaille à la fois en temps réel (échanges avec le SISC) et en temps différé. Il sert à la préparation d'opérations complexes (possibilité de jouer plusieurs scénarios), en assure le suivi (mesure des écarts entre une situation réelle et la situation prévue ; calcul des conséquences pour la suite) et enfin en permet

(11) S'il ne veut pas être détecté par des moyens d'écoute et de triangulation, un navire n'émet pas ; en particulier, pas sur la liaison de transmission de données (à gros débit). D'où l'intérêt des aéronefs de guet aérien, déployés loin de la force à protéger et qui, eux, peuvent envoyer sur cette liaison les images radar au bénéfice des navires en silence électronique.

l'analyse détaillée.

- Pour son autodéfense, le porte-avions disposera du SAAM, système d'armes anti-missiles. Conçu en coopération franco-italienne, il associe une conduite de tir équipée d'un radar multifonctions (Arabel) à des missiles Aster 15 lancés verticalement (32 missiles), équipés d'un autodirecteur radar actif. Dès qu'un avion ou un missile est détecté et identifié hostile, le radar Arabel le localise exactement. Le système déclenche le tir du missile Aster, qui suit une trajectoire préprogrammée avant de recevoir des ordres de correction (via le radar Arabel). L'autodirecteur est ensuite mis en émission (sur ordre de la conduite de tir) pour "se verrouiller" sur l'objet hostile ; l'Aster devient alors autonome. Grâce à une combinaison de gouvernes aérodynamiques et de moteurs fusées transversaux, ce missile est très agile et peut déjouer toutes les évasives. Jusqu'à dix cibles différentes peuvent être engagées simultanément. La portée est de 10 km contre missiles et 15 km contre avions. Le porte-avions nucléaire disposera aussi de deux lanceurs Matra Sadral pour missiles anti-aériens très courte portée, et Mistral à guidage passif infrarouge, des moyens de guerre électroniques (brouilleur et lance-leurres Sagaie) et, plus tard, d'un système de détection et de leurrage des torpilles (SLAT).

Où en est-on aujourd'hui ? La dépêche de mise en chantier du *Charles-de-Gaulle* a été signée dès le 4 février 1986 par M. Paul Quilès, ministre de la Défense. La première tôle a été découpée en novembre 1987 et la mise sur cales des deux premiers blocs (140 et 80 tonnes) a eu lieu à Brest, le 14 avril 1989. En mai de la même année, un étalement dans le temps des différents programmes de défense a été décidé, avec pour le nouveau porte-avions un report de deux ans. La mise à flot est dorénavant prévue pour 1994 (à ce jour, près de 7 000 tonnes de tôles ont déjà été assemblées et le niveau du montage atteint le pont du hangar). La présentation du bâtiment à ses essais officiels se fera au début de 1997. L'admission au service actif est attendue pour fin 1998. Ce report devrait permettre au système SAAM et à l'ACM d'être prêts pour les débuts opérationnels du porte-avions.

Au total, plus de 13 millions d'heures de travail seront nécessaires à l'arsenal de Brest pour mener à bien l'achèvement de ce navire.

C'est toute l'économie d'une région qui va bénéficier de cette commande, un des plus grands programmes militaires que la France ait connu et qui pose de multiples défis technologiques dans différents domaines : métallurgie, construction mécanique et navale, énergie nucléaire, électronique de pointe, informatique, télécommunications, construction aéronautique. Et au-delà, c'est toute l'économie nationale qui est touchée. Usinor (qui fournit

(12) Eventualité envisagée en rattrapage pour le *Charles-De-Gaulle*.

(suite du texte page 176)

LE PORTE-AVIONS "CHARLES-DE-GAULLE"

(suite de la page 175)

les 18 000 tonnes d'acier de la coque), Technicatome, Creusot-Loire, Thomson-CSF sont les grands bénéficiaires, sans compter plusieurs organismes d'Etat : le CEA, L'Etablissement des constructions navales d'Indret (responsables de la propulsion). Signe des temps, les appels d'offres de certains équipements se font au niveau européen.

Pour s'assurer qu'un porte-avions sera en permanence disponible, deux unités au moins sont nécessaires. Un second bâtiment est donc envisagé, car le *Foch* n'est pas éternel. La mise en service d'un tel "double" a été repoussée au-delà de 2005, ce qui permettra de lisser les dépenses. Peut-être sera-t-il différent de son aîné. Certains parlent de tremplin possible pour d'éventuels avions ADCAV ([12]).

Conçu selon des critères opérationnels, le *Charles-De-Gaulle* est né d'une décision politique : celle d'avoir les moyens de mener dans le monde une politique étrangère active, indépendante s'il le faut. Le nom même du bâtiment est tout un symbole. Certes, devant l'escalade des coûts, on peut se demander si un tel choix est raisonnable pour la France. C'est alors poser le problème de l'ensemble de notre panoplie de défense.

C'est aussi poser la question de la défense de l'Europe. A mesure qu'elle gagnera en cohésion et croîtra en puissance, l'Europe, en tant qu'entité, sera de plus en plus souvent confrontée à des crises ou des conflits "à l'extérieur". A ce moment-là, il sera peut-être précieux d'avoir à disposition les moyens de les contenir ou de les contrôler, plutôt que d'avoir simplement « la capacité technologique de se donner les outils nécessaires dans les dix ans à venir ».

Iphiclès

24X36 REFLEX : PLUS PERFECTIONNÉS...

(suite de la page 134)

ge, au portrait et à la photomacrographie. Le zoom 3,8-8,2 de 38-85 mm autorise cette mise au point depuis 0,75 m. Un autre compact de la marque, plus simple, le Fuji DL 180 Télé, comporte seulement deux focales (35 et 55 mm).

Konica propose cinq nouveaux compacts dont le plus complet, le Bigmini, quoique pesant seulement 195 g, possède un obturateur programmé de 3,6 s à 1/500 s, un objectif 3,5/35 mm à quatre lentilles, la mise au point automatique depuis 0,35 cm, le flash automatique et la possibilité de correction de l'exposition de +/−1,5 diaphragme. Un autre modèle, le Konica Off-road, est équipé d'un grand angle 3,5/28 mm à mise au point automatique.

Nikon, enfin, lance le TW-Zoom 35-70 doté d'un objectif 4-7,6 de 35-70 mm à mise au point automatique très perfectionnée. Celle-ci fait appel à trois faisceaux de détection disposés en triangle afin de couvrir un réglage ponctuel, un réglage à l'infini et un réglage sur trois plans. Le photographe choisit l'un de ces modes de détection, étant précisé qu'après la prise de vue le système revient automatiquement sur le mode multizone (trois plans) considéré comme standard. Bien entendu, toute mise au point peut être mémorisée le temps du cadrage. L'appareil comporte également l'exposition et le flash automatiques (quatre modes pour ce dernier). Le prix du Nikon TW-Zoom 35-70 sera d'environ 1 850 F.

Terminons par le domaine des surfaces sensibles, où Agfa présente trois films négatifs à saturation des couleurs différenciées : l'Agfacolor Portrait 160, de 160 ISO, de faible saturation (pour le portrait et les sujets en tons pastel) ; l'Agfacolor Optima 125, de 125 ISO, aux couleurs proches de la réalité, pour la prise de vue courante, et l'Agfacolor Ultra 50, de 50 ISO, à couleurs très saturées et à grain ultra-fin, pour la photo d'architecture, les natures mortes, la photo technique et la photomacrographie.

Roger Bellone

ENFIN UNE DEMI-VÉRITÉ SUR L'AUTRE TCHERNOBYL

(suite de la page 90)

comment croire que dès le lendemain matin à l'aube, il y ait eu un tel déploiement de moyens?

» On racontait qu'il y avait eu une explosion et qu'il fallait prendre immédiatement des mesures de sécurité. Juste après, je suis reparti pour mes études, ma mère, ma sœur et mes deux frères sont restés. J'ai su plus tard que l'on avait évacué de toute urgence la population de trois villages.

M. Séné : *Là encore, cette évacuation immédiate semble trop belle pour être vraie, compte tenu de ce qui s'est passé à Tchernobyl où les habitants ont dû attendre plusieurs jours avant d'être simplement informés de ce qui s'était passé.*

» On a rassemblé les habitants et on leur a dit de se munir de leur passeport et d'emporter ce qu'ils avaient de plus cher. Ensuite, tout le monde a dû aller aux bains, recevoir du linge neuf et être évacué vers d'autres agglomérations. Là, il y avait pas mal de maisons neuves et la situation était provisoire ; c'était une première étape. Ensuite, on a fait d'énormes tranchées et on y a poussé à coups de bulldozers toutes les maisons et autres constructions, avec tout ce qu'il y avait à l'intérieur, ainsi que tous les animaux abattus.

M. Séné : *C'est en effet ce qui se fait actuellement en URSS aux alentours de Tchernobyl. Faisait-on déjà la même chose en 1957 ? Si oui, c'est que la contamination devait être beaucoup plus intense qu'on ne le dit.*

» La vie reprit ses droits dans les nouveaux lieux. Les évacués ont eu de nouvelles maisons, une aide matérielle et alimentaire. Bien sûr, ça ne plaisait pas à tout le monde, surtout le fait d'être privé de son terroir. L'acclimatation était pénible, surtout pour les vieux, qui avaient l'habitude de pêcher au bord du lac, de cueillir des baies et des champignons dans les forêts. Vers 1960, nous avons embauché une partie de la population dans notre station expérimentale. Nous avons un immense territoire, des champs, des jardins, des troupeaux. Certains de ces gens sont encore là. Il y a longtemps qu'ils se sont adaptés. En un mot il n'y a eu aucune conséquence terrible, comme on l'a dit.

M. Séné : *Pourquoi alors ces centaines de publications scientifiques recensées par Medvedev, étudiant les malformations et les mutations génétiques sur les animaux et les plantes ?*

» Les racontars viennent de l'absence d'information, de l'incompréhension, du manque d'expérience, tant du côté de la population que du côté des dirigeants. Il y a toujours des amateurs de secrets et de mystères, surtout là où il ne le faudrait pas. A Tchernobyl, tout ressemblait à nos débuts, j'en sais quelque chose, car j'y ai travaillé...

» J'ai travaillé à rendre la terre aux hommes. C'est mon travail, je suis ingénieur en machines agricoles. Au cours des deux saisons de 1958 et de 1959, nous avons labouré la terre sur une profondeur de 27 à 30 cm et sur une superficie de plus de 12 000 ha. Cela a permis de diminuer l'intensité du rayonnement à la surface du sol de 1,5 à 2 fois.

M. Séné : *Ce procédé qui consiste à enterrer les corps radioactifs ne les fait pas disparaître. On les retrouvera dans l'eau, dans les végétaux et ensuite dans les animaux. Encore faudrait-il savoir précisément sur quelle zone s'est effectué ce labour miracle ? Selon l'AIEA, il s'agirait de 20 000 ha se situant à l'extérieur de la zone la plus contaminée (la fameuse "trace" de l'Oural de 300 km²).*

» Au printemps 1960, nous avons entrepris la "désactivation" à l'aide de charrues spéciales que nous avons nous-mêmes imaginées et construites. Ce sont des "échangeurs horizontaux au sol". Elles permettent de retourner le sol en mettant en surface les couches profondes. Ainsi furent "désactivés" des milliers d'hectares.

M. Séné : *Toujours selon l'AIEA, il s'agissait de 6 200 ha supplémentaires, retournés sur une cinquantaine de centimètres. En réalité, ces terres n'ont pas été "désactivées" puisqu'elles n'ont pas perdu leur radioactivité. L'écran formé par la terre plus profonde et non contaminée a simplement permis de diminuer le taux de rayonnement en surface.*

» Après quoi, l'intensité du rayonnement gamma en surface a été divisée par 10 et même plus. Ces terres peuvent donner actuellement une récolte saine. Il faut dire que, parallèlement, on avait employé des produits agrochimiques. Les gens faisaient leur travail sans discuter, année après année. C'est ainsi que s'est faite l'offensive sur la "trace nucléaire".

M. Séné : *C'est faux. Comment pourrait-on*

NOUVEAU COUP DUR POUR LES SOVIÉTIQUES

Dernier exemple en date de la gabegie qui affecte l'industrie soviétique : une explosion, le 12 septembre dernier, dans une unité de production de béryllium à l'usine métallurgique d'Oulbinski, dans le Kazakhstan, à qui l'on prête des activités nucléaires secrètes. En l'absence d'informations précises, une chose est certaine : au contact de l'air, le béryllium devient hautement toxique. Or un nuage d'oxyde de béryllium s'est déposé sur la ville, pollution aggravée par un intense brouillard. L'annonce de l'accident a provoqué une véritable panique parmi les habitants qui, se remémorant Tchernobyl, redoutaient la présence d'un nuage radioactif. A cette occasion, les *Izvestia* ont dénonçaient l'irresponsabilité des autorités qui avaient installé cette usine en pleine ville.

obtenir des légumes ou des céréales sains lorsqu'ils sont cultivés sur des terres qui sont forcément encore radioactives, puisque le strontium 90 a une demi-vie de l'ordre de trente ans, ce qui veut dire qu'actuellement il y a encore dans le sol la moitié de la quantité initiale de radioactivité ! Il est vrai que le strontium est facilement lessivable par les pluies ; mais il n'a pas disparu pour autant ; les nappes d'eau souterraines doivent en avoir récolté une bonne partie. Par ailleurs, les Soviétiques peuvent se féliciter de ne pas avoir eu, comme à Tchernobyl, des retombées de césium 137, radioélément qui semble le plus tenace et qui pose les problèmes de contamination les plus importants. Pourquoi cette absence ? Les Soviétiques se servaient à l'époque du césium 137 pour fabriquer des sources radioactives destinées à l'industrie et l'extrayaient des combustibles irradiés au moment du retraitement. Par un coup du sort, c'est également l'absence de césium 137 qui est indirectement responsable de l'explosion, puisque le nitrate d'ammonium, explosif présent dans les déchets, provient justement du processus d'extraction du césium !

**Jean-René Germain
et Jacqueline Denis-Lempereur
Iosif Nekhamkin (enquête à Kychtym)**

MICROPROCESSEUR EN DIAMANT

(suite de la page 85)

pour transformer la feuille polycristalline en monocristal.

Ces diamants de synthèse à très haute conduction de la chaleur sont avant tout destinés à l'industrie (électronique, fenêtres pour lasers, lentilles pour batteries de fibres optiques, etc.). Celle-ci absorbe déjà l'essentiel des cristaux de synthèse ayant quelques mm et une masse de l'ordre du gramme — ceux de taille microscopique ne servent, nous l'avons dit, que comme abrasifs. Or, depuis quelques années, le perfectionnement de la synthèse à haute pression a permis de fabriquer couramment ces monocristaux de dimension normale.

C'est ainsi que les Japonais, pionniers dans ce domaine avec la firme Sumitomo, livrent des diamants allant du demi-gramme au gramme pour le même prix que les bruts naturels. Tout le problème maintenant est d'augmenter la taille de ces cristaux pour qu'on puisse y graver directement le circuit d'un microprocesseur comme on le fait sur le silicium ; en dimension, cela demande de passer du mm au cm.

Le dépôt en phase vapeur réclame un substrat de départ qui ait même structure que le diamant si on veut obtenir un monocristal. On peut donc prendre le diamant lui-même comme base, ce qui a été fait en laboratoire à titre expérimental mais n'offre pas d'intérêt puisqu'on est ramené au point de départ.

Le nitrure de bore a lui aussi une structure cubique et, il y a quelques mois, plusieurs firmes ont réussi à y faire croître des couches de diamant monocristallines. Mais, pour le moment, ce nitrure de bore n'existe qu'en cristaux minuscules qui sont loin des quelques centimètres nécessaires.

La presse haute pression, de son côté, ne peut à l'heure actuelle travailler que sur de petits volumes. Augmenter la taille de ces presses pose des problèmes technique sérieux liés à la résistance des matériaux et à la tenue des joints à des températures de 1 000 à 2 000°C.

Dans les deux cas, il est probable que la demande amènera des progrès tels que le monocristal de diamant pourra être réalisé au diamètre du centimètre ou plus. Le rendre semi-conducteur par addition de bore ne présentera sans doute pas de grosses difficultés, et il présente l'énorme avantage sur le silicium de dissiper 100 fois mieux la chaleur et de supporter des températures dix fois plus élevées.

Cela revient à dire que le microprocesseur sur base diamant ne sera plus limité par les problèmes d'échauffement qui affectent le silicium, et qu'on pourra donc entasser beaucoup plus de jonctions dans le même volume ; à taille égale, les performances seront relevées d'autant. Par ailleurs, le fonctionnement des puces en silicium devient aléatoire autour de 100 à 150°C ; les ensembles informatiques doivent donc être éloignés des sources de chaleur, ce qui pose de gros problèmes d'isolation et de refroidissement dans les engins militaires (blindés, intercepteurs, missiles et autres) ou même sous le capot des voitures.

Le diamant, lui, garde ses propriétés semiconductrices jusqu'à 1 000°C et n'a donc rien à craindre du voisinage des moteurs ou des tuyères. Qui plus est, il résiste aussi beaucoup mieux que le silicium aux rayonnements, ce qui est intéressant pour les missions spatiales, et vital pour les systèmes militaires en cas de conflit nucléaire.

Notons d'ailleurs que dans la classification périodique des éléments, le carbone est juste au-dessus du silicium. Et, de même que les silicones sont venus s'ajouter aux plastiques à base de carbone, il est probable qu'on va faire l'inverse en informatique : cette fois ce sera le carbone qui viendra s'ajouter au silicium pour ouvrir l'ère du microprocesseur en diamant.

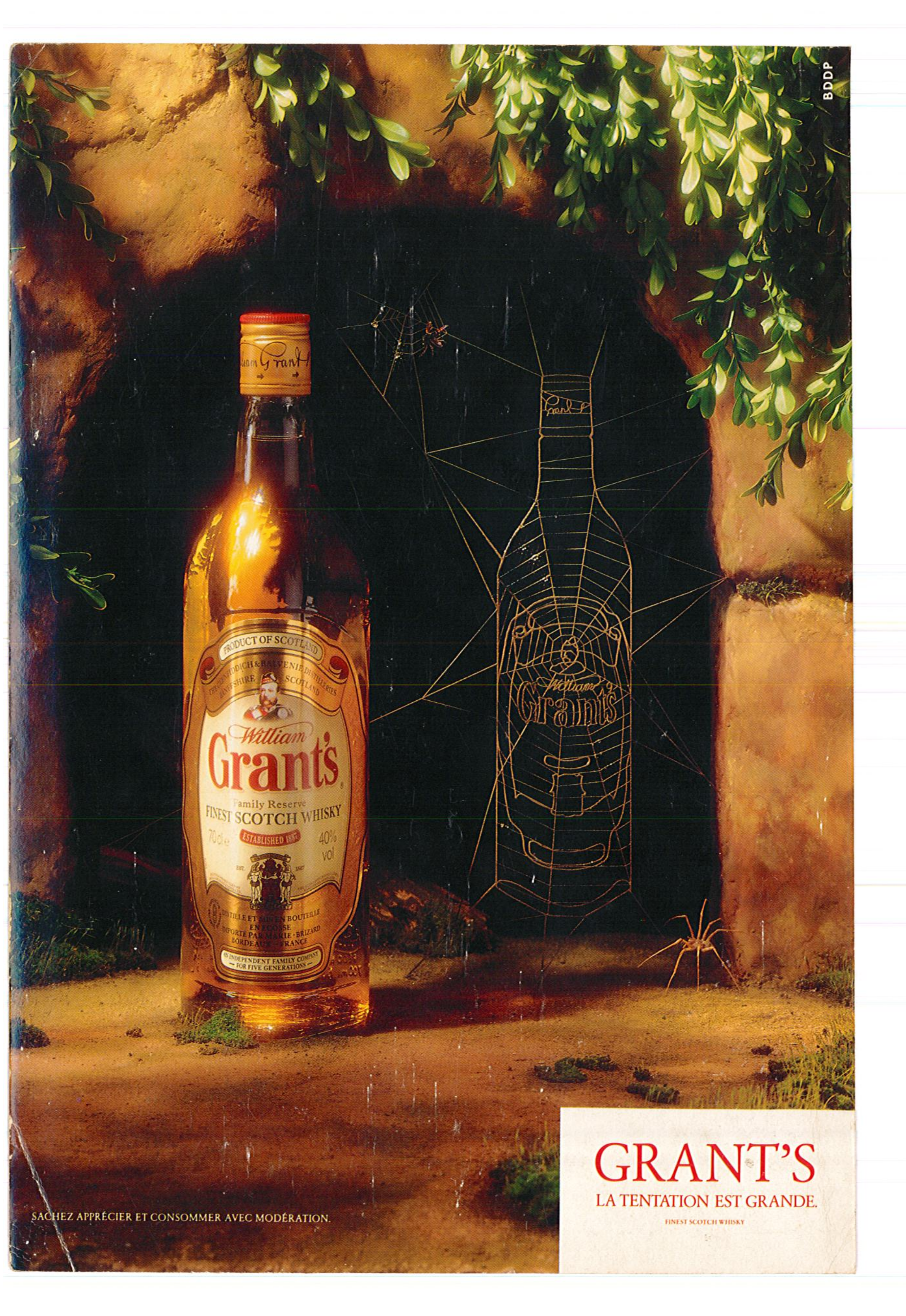
Renaud de La Taille

PHOTOGRAPHES ET ILLUSTRATEURS

(Les crédits sont indiqués page par page, de gauche à droite et de haut en bas)

Couverture : C. Lacroix ; p. 2 : Novosti — Kourechko — DR — R. Sabatier ; p. 3 : Gallimard/les Yeux de la décourte — DR — H. Chaumeton/Nature ; p. 27 : L. Bret/Ciel &Espace et I. Correia ; p. 28 : Nasa — Nasa/Gamma-Liaison ; p. 29 : Nasa ; p. 30 : Nasa/Science Photo Library ; p. 31 : US Geological Survey/Nasa/Science Photo Library ; p. 32/33 : US Geological Survey/Science Photo Library ; p. 35 : P. H. Versele ; p. 36/37/39 : C. Lacroix ; p. 43 : Novosti ; p. 44 : I. Python ; p. 46 : Jacana — DR ; p. 47 : J. Ph. Varin/Jacana ; p. 48 : G. Delpit ; p. 49 : F. Gohier/Jacana ; p. 50 : A. Rainon ; p. 51 : Guérin ; p. 52/53 : N. Dupuy ; p. 55 : I. Python ; p. 56 : N. Dupuy — Y. Dommergues ; p. 58/59 : F. Perri/Cosmos — J. Burton/Dorline Kindersley ; p. 60/61 : F. Perri ; p. 63 : F. Roche/Photothèque Douane ; p. 64 : M. Dehoky — C. Masson ; p. 65 : M. Dehoky ; p. 66 ; I. Python ; p. 67 : F. Perri/Cosmos ; p. 68 : DR ; p. 69 : DR ; p. 71 : J. Reed/ Harward News Office ; p. 75 : C. Fransella/R. Fortt-Studios/National Museum of Scotland — Bibliothèque nationale — British Museum of Natural History — DR — E. Alibert ; p. 76/77 : AAA Photo — M. Macintyre/ANA — Helga Teiwes/International Herald Tribune — Giraudon ; p. 79 : O. Gingerich & F. Margeson ; p. 81/82/83/85 : General Electric Research & Development Center ; p. 86 : D. Galand ; p. 87 : Anatolii Khroupov ; p. 88 : D. Galand ; p. 89/90 : Anatolii Khroupov ; p. 92 : Th. Morin ; p. 93 : C; Lacroix ; p. 94 : Musée de l'air et de l'espace ; p. 95 Collection P. Lissarrague — Musée de l'air et de l'espace ; p. 96 : J.-M. Beaumont/CNDP ; p. 98/99 : A. Ernoult — DCN ; p. 101 : DCN ; p. 102 : F. Mormillo IDI/A. Ernoult/Features — DOD ; p. 103 : F. Mormillo IDI/A. Ernoult Features — A. Ernoult ; p. 106 : Tass ; p. 107 : A. Ernoult ; p. 110/111 : C. Lacroix ; p. 112 : US Department of Defense ; p. 113 : Ministère de la Défense italien ; p. 114/115 : DR ; p. 116 : C. Lacroix ; p. 117 : DR ; p. 118 : DR ; p. 119 : DR — D. Maillac/REA ; p. 120/121 : C. Lacroix ; p. 122 : Optic 2000 ; p. 123 : C. Lacroix ; p. 125 à 131 : N. Papamiltiades — DR ; p. 138/139 : F. Perri/Cosmos ; p. 141 à 143 : R. Sabatier ; p. 145 M. Toscas/Galerie 27 ; p. 146/147 : M. Roux-Saget ; p. 149 à 151 : M. Toscas/Galerie 27 ; p. 154 : DR ; p. 155 à 157 : M. Roux-Saget ; p. 170 à 173 : DR — E. Malemanche.

Le directeur de la publication : Paul DUPUY - Dépôt légal : n° 84007 - N° de Commission paritaire : 57284 du 15 décembre 1975 - Printed in France
Photocomposition : Ponsing Arts Graphiques F/67300 Schiltigheim - Photogravure et impression : Imp. Alsacienne Jean Didier F/67200 Strasbourg


BDDP
PRODUCT OF SCOTLAND
William
Grant's
Family Reserve
FINEST SCOTCH WHISKY
ESTABLISHED 1887
70cl
40% vol
AN INDEPENDENT FAMILY COMPANY
FOR FIVE GENERATIONS
SACHEZ APPRÉCIER ET CONSOMMER AVEC MODÉRATION.
GRANT'S
LA TENTATION EST GRANDE.
FINEST SCOTCH WHISKY